



<p>(51) 国際特許分類6 H01L 21/205, 21/22, 21/31, 21/324</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO97/31389</p> <p>(43) 国際公開日 1997年8月28日(28.08.97)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP97/00477</p> <p>(22) 国際出願日 1997年2月21日(21.02.97)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平8/61808 1996年2月23日(23.02.96) JP 特願平8/267774 1996年9月18日(18.09.96) JP 特願平8/267775 1996年9月18日(18.09.96) JP</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED)[JP/JP] 〒107 東京都港区赤坂五丁目3番6号 Tokyo, (JP)</p> <p>(72) 発明者 ; および (75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ) 大加瀬亘(OHKASE, Wataru)[JP/JP] 〒229 神奈川県相模原市相原2-29-34 Kanagawa, (JP) 青木一二(AOKI, Kazutsugu)[JP/JP] 〒220-01 神奈川県津久井郡城山町町屋4-18-16 Kanagawa, (JP) 長谷井雅昭(HASEI, Masaaki)[JP/JP] 〒220-01 神奈川県津久井郡城山町町屋2-3-21 Kanagawa, (JP)</p>		<p>(74) 代理人 弁理士 佐藤一雄, 外(SATO, Kazuo et al.) 〒100 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 富士ビル323号 協和特許法律事務所 Tokyo, (JP)</p> <p>(81) 指定国 KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>
<p>(54) Title: HEAT TREATMENT DEVICE</p> <p>(54) 発明の名称 熱処理装置</p> <div data-bbox="467 1171 1117 1696"> </div> <p>(57) Abstract To give a predetermined heat treatment to a wafer (W) held on a holder (14) for a wafer to be treated in a treatment container (4) of a wafer heat treatment device, lower and upper heating means (16, 26) are disposed below and above the holder (14) for a wafer to be treated for heating the wafer to be treated. These heating means (16, 29) are mounted in lower and upper side heating means containers (6, 8), respectively. A gas supply means (28) is provided between the upper side heating means (8) and the holder (14) for a wafer to be treated for supplying treatment gas in a shower-like fashion. The uniformity of temperatures in the surfaces of the wafer can be improved by heating the wafer (W) from the upper and lower sides of the wafer (W).</p>		

(57) 要約

ウエハ熱処理装置の処理容器(4)内の被処理体ホルダ(14)に保持させたウエハ(W)に対して所定の熱処理を施すために、前記被処理体ホルダ(14)の下方と上方に前記被処理体を加熱するための下部及び上部加熱手段(16、26)が配置される。これらの加熱手段(16、29)は、下側及び上側加熱手段容器(6、8)内にそれぞれ取り付けられている。上側加熱手段容器(8)と被処理体ホルダ(14)の間には、処理ガスをシャワー状に供給するガス供給ヘッド(28)が設けられる。ウエハ(W)を上下両面から加熱することによって、ウエハの面内温度の均一性が向上する。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁にPCT加盟国を特定するために使用されるコード

AL	アルバニア	EE	エストニア	LR	リベリア	RU	ロシア連邦
AM	アルメニア	ES	スペイン	LS	レソト	SD	スーダン
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SE	スウェーデン
AU	オーストラリア	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SG	シンガポール
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LV	ラトヴィア	SI	スロヴェニア
BB	バルバドス	GB	イギリス	MC	モナコ	SK	スロヴァキア共和国
BE	ベルギー	GE	グルジア	MD	モルドバ	SN	セネガル
BG	ブルガリア	GH	ガーナ	MG	マダガスカル	SZ	スワジランド
BJ	ベナン	GN	ギニア	MK	マケドニア旧ユーゴスラ	TD	チャド
BR	ブラジル	GR	ギリシャ	ML	マリ	TG	トーゴ
BY	ベラルーシ	HU	ハンガリー	MR	モーリタニア	TJ	タジキスタン
CA	カナダ	IE	アイルランド	MN	モンゴル	TM	トルクメニスタン
CC	中央アフリカ共和国	IS	アイスランド	MX	メキシコ	TR	トルコ
CG	コンゴ	IT	イタリア	NL	オランダ	TT	トリニダード・トバゴ
CH	スイス	JP	日本	NE	ニジェール	UA	ウクライナ
CI	コート・ジボアール	KE	ケニア	NO	ノルウェー	UG	ウガンダ
CM	カメルーン	KG	キルギスタン	NZ	ニュージーランド	US	米国
CN	中国	KP	朝鮮民主主義人民共和国	PL	ポーランド	UZ	ウズベキスタン共和国
CZ	チェコ共和国	KR	大韓民国	PT	ポルトガル	VN	ヴェトナム
DE	ドイツ	KZ	カザフスタン	RO	ルーマニア	YU	ユーゴスラビア
DK	デンマーク	LI	リヒテンシュタイン				
		LK	スリランカ				

## 明 細 書

## 熱 処 理 装 置

技 術 分 野

本発明は、半導体ウエハ等に対して成膜処理、酸化処理、熱拡散処理等の熱処理を施す枚葉式の熱処理装置に関する。

背 景 技 術

一般に、半導体集積回路の製造においては、半導体ウエハ表面に成膜や酸化・拡散を施す熱処理工程やパターンエッチングする工程を繰り返し行なう。従来、例えば8インチサイズのウエハを熱処理する場合には、一度に多数枚のウエハを熱処理できることから主に縦型のバッチ式の熱処理装置が使用されていた。この種の熱処理工程で重要な点は、製品回路の特性の均一性及び歩留まりの向上の観点より、熱処理時において、ウエハ面内の温度を均一性良く制御する点である。

ところで、回路の高集積化及び高微細化に伴って、ウエハサイズも大口径化され、例えば12インチサイズのウエハの使用が検討されている。

このようにウエハサイズが8インチから12インチ（略30cm）に拡大すると、ウエハ自重が8インチサイズのウエハと比較して2.5～3倍程度に増加し、しかも、ウエハ面内の均熱性を考慮すると、従来のバッチ式の縦型の熱処理装置では対応し難くなった。すなわち、ウエハ自重が上述のように数倍になった結果、多数のウエハを支持するウエハポートが強度上耐えられなくなったり、或いは、大口径化によりウエハ面積が大きくなったことから、所定のピッチで配列されたウエハの側方より加熱する方式ではウエハ面内の均一加熱を十分に行ない難くなった。

そこで、上記問題点を解決するために、ウエハを一枚ずつ処理する枚葉式の熱

処理装置も種々提案されており、この装置ではウェハホルダの下方に配置したハロゲンランプや抵抗ヒータにより、ホルダ上に支持或いは載置したウェハを加熱するようになっている。しかしながら、従来の枚葉式の熱処理装置を用いた場合であっても、大口径化のウェハを面内温度の均一性良く加熱することは現状のヒータの単位面積当たりの発熱量を勘案すると、かなり難しく、従来装置で十分であるとは言えなかった。

本発明は、以上のような問題を有効に解決すべく創案されたものである。本発明の主目的は、ウェハのような被処理体の面内温度の均一性を向上させることができる枚葉式の熱処理装置を提供することにある。

#### 発明の開示

本発明によれば、上記目的を達成するために、処理容器と、被処理体を保持すべく前記処理容器内に設けられた被処理体ホルダとを備えた枚葉式熱処理装置において、被処理体を加熱するために、前記処理容器内で前記被処理体ホルダの下方に設けた下部加熱手段と、被処理体を加熱するために、前記処理容器内で前記被処理体ホルダの上方に設けた上部加熱手段と、前記被処理体ホルダと前記上部加熱手段との間に処理ガスを供給するための処理ガス供給部と、を有する熱処理装置が提供される。

このように、ホルダの上下に加熱手段を配置し、かつ被処理体ホルダと上部加熱手段との間に処理ガス供給部を設けることにより、被処理体を両面から加熱でき、被処理体への均一かつ、高エネルギーでの加熱を制御性良く達成でき、被処理体への処理ガスの直接供給が可能となり、処理容器等への不必要な成膜を防止して被処理体の処理の均一性を高めることが可能となる。

上部および下部の加熱手段の各々を処理容器に対して気密状態で仕切られた加熱手段容器内に収容して所定のガス供給系とガス排気系を設けるようにすることができる。このようにした場合には、処理容器内と加熱手段容器内の圧力差を常

に少なくでき、その分、加熱手段容器の処理容器に対する区画壁を圧力差に耐え得る程度まで薄くして、加熱手段の熱効率を高めて面内温度の均一性の向上及び熱制御性の向上を図ることが可能となる。

#### 図面の簡単な説明

図1は本発明による枚葉式熱処理装置を含む処理システムの全体図である。

図2は図1に示す処理システム中の枚葉式熱処理装置の第1実施例を示す縦断面図である。

図3は図2の熱処理装置に設けられる加熱手段を示す平面図である。

図4は均熱リング部材を示す斜視図である。

図5はガス供給系とガス排気系を示す模式図である。

図6A及び図6Bは、それぞれ、従来及び本発明における処理容器内と加熱手段容器内の圧力変化を示すグラフである。

図7A及び図7Bは、従来の片面加熱と本発明の両面加熱の場合の被処理体の面内温度プロフィールを示すグラフである。

図8A及び図8Bは、均熱リング部材の異なる変形例を示す図である。

図9は、熱処理装置の内部構造物を一体化した変形例を示す縦断面図である。

図10は図9に示す一体内部構造物の横断面図である。

図11は図9に示す一体内部構造物の斜視模式図である。

図12はガス供給系とガス排気系の変形例を示す図である。

図13は本発明の枚葉式熱処理装置の第2実施例の縦断面図である。

図14は図13に示す熱処理装置に用いられている被処理体ホルダの斜視図である。

図15は図13に示す熱処理装置に用いる抵抗加熱手段を示す図である。

図16は、本発明の枚葉式熱処理装置の第3実施例の縦断面図である。

図17は図16の熱処理装置に用いる被処理体ホルダを示す斜視図である。

図18は被処理体ホルダの変形例を示す縦断面図である。

図19は図18の被処理体ホルダの一部の切除斜視図である。

図20は被処理体ホルダの変形例を示す図である。

図21は被処理体をホルダに対して搬入、搬出する場合の作用の説明図である。

図22は補助支持台を用いた熱処理装置の実施例の縦断面図である。

図23は補助支持台を示す斜視図である。

図24は補助支持台の変形例を示す図である。

図25は図24の補助支持台の一部の切除斜視図である。

図26は補助支持台の他の変形例を示す縦断面図である。

図27は、処理容器とロードロック室との間に予備加熱室を設けた例を示す概略構成図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下に、本発明に係る熱処理装置の実施例を添付図面に基づいて詳述する。

図1は本発明に係る熱処理装置を用いた処理システムの概略を示している。同図において、この熱処理システム3は、実質的に被処理体、すなわち半導体ウエハに対して熱処理を施す本発明の熱処理装置2の他に、この熱処理装置2の前段にゲートバルブG1を介して設けられて真空引き可能になされたロードロック室42と、更にこのロードロック室42の前段にゲートバルブG2を介して設けられたカセット室5とにより主に構成されている。

上記カセット室5内には、昇降可能になされたカセット台7が設けられており、この上に、複数枚、例えば5～25枚のウエハWを収容し得るカセット9が載置される。上記ロードロック室42には、図示しない真空ポンプを介設した真空排気系11が接続されて、内部を真空引き可能としている。このロードロック室42の内部には、屈伸及び回転可能とした搬送アーム44をもつロボットが設けられており、ウエハWを熱処理装置2及びカセット室5との間で受け渡し可能と

している。なお、ロードロック室42には、 $N_2$  ガス等のパージ用不活性ガスの供給系（図示せず）も設けられる。

熱処理装置2は、アルミニウム等により円筒体状に成形された処理容器4を有しており、図2に示すように処理容器4の底部と天井部は、それぞれ開口されている。底部の開口内には、例えば石英製の下側加熱手段容器6が、天井部の開口内には同じく石英製の上側加熱手段容器8がそれぞれ処理容器4内に対して気密に区画されて密閉状態で設けられている。

上記下側加熱容器6は、処理容器4内に向けて凸状に挿入されて上端が平面状になされた薄板腕部6Aと、この下端開口部を覆って設けられて外側が大気に晒される厚板蓋部6Bとにより構成され、Oリング等のシール部材10を介して処理容器4の底部に気密に設けられる。

上記薄板腕部6Aの厚さは例えば4mm程度と薄く設定され、この部分における熱ロスを抑制すると共に熱応答性を良好にしている。このように薄板腕部6Aの厚みは薄いことから、後述するように処理容器4内の圧力変動に追従させてこの下側加熱手段容器6内の圧力も変動させて両容器内の差圧が薄板腕部6Aの耐圧強度以下になるように設定している。また、厚板蓋部6Bの厚みは略大気圧に耐え得るような厚さ、例えば15～20mm程度に設定される。

この下側加熱手段容器6の中央部には、磁性流体シール12を介して上下方向に気密に貫通された例えば石英製の被処理体ホルダ14の支持軸15がウエハ均熱加熱のために回転可能に設けられており、ホルダ14の上端には同一円周上に等間隔で配置された3つの爪部14Aが形成されて、この爪部14A上に被処理体である半導体ウエハWの裏面周縁部が支持されるようになっている。

ここで、薄板腕部6Aは前述のように処理容器4内に凸状に挿入されて、できるだけ半導体ウエハWの裏面に近付くように形成されており、この薄板腕部6Aの上端平面部の内側に、下側の加熱手段として例えば抵抗ヒータ16が略全面に

亘って設けられており、ウエハWを下面側から加熱するようになっている。そして、ホルダ14の支持軸15の下部には、例えばモータの如き回転駆動機構22が設けられており、これによりウエハWを回転しつつ加熱するようになっている。

厚板蓋部6Bには、下側加熱手段容器6内に $N_2$ ガス等のパージガスを導入するパージガス導入口18及び内部の雰囲気ガスを排気するパージガス排気口20がそれぞれ設けられている。

一方、上記上側加熱手段容器8は、上記下側容器6と同様に、処理容器4内に向けて凸状に挿入されて下端が平面状になされた薄板腕部8Aと、この上端開口部を覆って設けられて外側が大気に晒される厚板蓋部8Bとにより構成され、Oリング等のシール部材24を介して処理容器4の天井部に気密に設けられる。

上記薄板腕部8Aの厚さは例えば4mm程度と薄く設定され、この部分における熱ロスを抑制すると共に熱応答性を良好にしている。

このように薄板腕部8Aの厚みも薄いことから、処理容器4内の圧力変動に追従させてこの上側加熱手段容器8内の圧力も変動させて両容器内の差圧が薄板腕部8Aの耐圧強度以下になるように設定している。また、厚板蓋部8Bの厚みは略大気圧に耐え得るような厚さ、例えば15～20mm程度に設定される。

この薄板腕部8Aの下端平面部の内側に、上側の加熱手段として例えば抵抗ヒータ26が略全面に亘って設けられており、ウエハWを上面側から加熱するようになっている。ここで、ウエハWと上下の各抵抗ヒータ26、16との間の距離は非常に小さく、例えばそれぞれ10mm程度に設定されており、効率良くウエハWを上下から加熱するようになっている。

また、上側加熱手段容器8の下面側には、例えば石英製の容器状のシャワーヘッド構造になされたガス供給ヘッド28が設けられており、これには処理ガスを導入する処理ガス導入管30が接続されている。そして、この導入管30より導入された処理ガスは、ガス供給ヘッド28の下面全体に設けた多数の噴出孔32



よりウェハWの上面全域に向けて処理ガスを噴出するようになっている。

厚板蓋部8Bには、ウェハ側加熱手段容器8内に $N_2$ ガス等のパージガスを導入するパージガス導入口36及び内部の雰囲気ガスを排気するパージガス排気口38がそれぞれ設けられる。

一方、処理容器4の底部周縁部には、容器内の雰囲気ガスを排気するために図示しない真空ポンプに接続されたガス排気口34が設けられ、また、天井部には、 $N_2$ ガス等のパージガスを処理容器4内に導入するためのパージガス導入口40が設けられている。なお、このパージガス導入口40としてガス供給ヘッド28を兼用するようにしてもよい。

また、処理容器4の側壁には、ウェハWの搬入・搬出時に開閉される前記ゲートバルブG1が設けられており、このゲートバルブG1を介して前記ロードロック室42が設けられ、その内部の前記搬送アーム44のベースは、昇降可能なスライド機構46に保持されており、アーム44全体が昇降可能となっている。

一方、上記上側及び下側の抵抗ヒータ26、16は図3に示すように同心円状に複数、例えば3つのゾーン26a(16a)、26b(16b)、26c(16c)に分割されており、電力供給部48から各ゾーンに対して個別に供給電力を制御して電力を分配して供給できるようになっている。なお、ゾーン分割数は、3つに限定されず、2つ或いは4つ以上でもよい。

そして、図2に示すように、処理容器4内の被処理体ホルダ14の周辺部には、これに保持されたウェハWの側部を覆うように例えば石英製の均熱リング部材50(図4も参照)が設けられており、これからの反射による輻射熱によりウェハWを加熱すると同時に、処理容器4の側壁に対しては断熱機能を発揮するようになっている。この均熱リング部材50の一侧における、ゲートバルブG1と対向する円弧状の部分は、シャッタ部50Aとして本体側から切断されて分離されており、このシャッタ部50Aには、処理容器4の底部を貫通させて設けたシャ

ッタ棒52が接続されている。そして、このシャッタ棒52の貫通部には、気密性を保持しつつこの上下動を許容する金属性の伸縮可能なベローズ54が設けられており、ウェハWの搬入・搬出時に、昇降機構53によりこのシャッタ部50Aを上下動させ得るようになっている。このシャッタ部50Aは、ゲートバルブG1の開閉に同期して上下動される。

一方、上記処理容器4内、下側及び上側加熱手段容器6、8内の圧力を制御するガス供給系とガス排気系は図5に示すように構成される。すなわち、 $N_2$ ガス等のパージガスを供給するガス供給系56は、各容器4、6、8のパージガス導入口40、18、36に共通に接続される共通ガス通路58を有しており、これより分岐した各分岐管60を介して各パージガス導入口40、18、36に接続される。そして、各分岐管60にはその上下流側間の所定の差圧で開動作する供給側固定ニードル弁62が介設されており、例えば大気圧復帰のための $N_2$ ガス供給時には、各容器内の差圧を過度に大きくすることなく、 $N_2$ ガスを供給し得るようになっている。

また、各容器内の雰囲気ガスを排出するガス排気系64は処理容器4のガス排気孔34及び下側及び上側加熱手段容器6、8のパージガス排気口20、38に共通に接続される共通ガス通路66を有しており、これより分岐した各分岐管68を介してガス排気孔34及び各パージガス排気口20、38に接続される。そして、各分岐管68には、その上下流側間の所定差圧で開動作する排気側固定ニードル弁70が介設されており、例えば処理容器内の真空引き時には他の容器内との差圧を過度に大きくすることなく雰囲気ガスを排気するようになっている。

そして、排気用の共通ガス通路66には、排気時に一定量ずつのガスを排気するためのマスフローコントローラ72及び真空ポンプ74が介設されている。

次に、以上のように構成された本実施例の動作について説明する。

まず、ロードロック室42の搬送アーム44を伸長させることによってこれに

保持した未処理の半導体ウェハWを、開放されたゲートバルブG1を介して処理容器4内に搬入し、アーム44を微小距離だけ降下させてウェハWを処理容器4内の被処理体ホルダ14上に受け渡す。そして、アーム44を縮退させてゲートバルブG1を閉じ、処理容器4内を密閉状態とする。

次に、処理容器4内を所定のプロセス圧力まで真空引きすると共にこの中に処理ガスをガス供給ヘッド28からシャワー状に供給し、プロセス圧力を維持する。これと同時に、下側及び上側加熱手段容器6、8内に収容してある各抵抗加熱ヒータ16、26に電力を供給し、或いは供給電力を増大し、ホルダ14に載置してあるウェハWを上下の両面から加熱してこれをプロセス温度に維持し、所定の熱プロセスを行なう。この場合、上下の抵抗加熱ヒータ26、16は、ウェハ面内を均熱加熱するように各ゾーン毎に個別に投入電力を制御する。

熱処理として、例えばCVD (Chemical Vapor Deposition)を行なう場合には、処理ガスとして例えばシランと水素ガスの混合ガスを用い、キャリアガスとしてArガスを流し、プロセス圧を0.5 Torr程度、プロセス温度を1050℃程度に設定する。

ここでウェハWを加熱するために、その上下に抵抗加熱ヒータ26、16を配置し、且つ、ヒータ26、16をそれぞれ石英製の加熱手段容器8、6で密閉しているため、ウェハの汚染を引き起こすことなくウェハを両面から加熱することができる。従って、ウェハを高速で且つ面内温度の均一性良く加熱することが可能となる。特に、この実施例では、各加熱手段容器8、6の薄板腕部8A、6Aを処理容器4内に凸状に挿入させてその内面に各ヒータ26、16を配置した結果、ウェハ面と各ヒータ面とを可能な限り近づけて両者間の距離を非常に小さく設定できるので、ウェハサイズが大きくても面内温度の均一性をより向上させることが可能となる。

また、石英製の各薄板腕部8A、6Aの厚みは、4mm程度と非常に薄く設定

されているので、この部分における熱損失は少なく、しかも薄くて熱容量が小さいことから熱応答性に優れ、ウェハWの温度を応答性良く制御することが可能となる。

図2に示すようにガス供給ヘッド28を偏平な形状にして、上側抵抗加熱手段26の直下で、しかも被処理体ホルダ14の真上に配置することにより、上側抵抗加熱手段26をウェハWの上面に近付けて高エネルギーで加熱を行うことができ、しかもウェハW上へ処理ガスを均一に直接供給でき、処理容器等への不必要な成膜を防止することができる。

また、各抵抗加熱ヒータ26、16は、図3に示すように同心円状に複数にゾーン分割されて、ゾーン毎に個別に供給電力を制御することができるので、ウェハ温度を細かくコントロールすることができる。

更には、ウェハWの周辺部には、これを覆うように均熱リング部材50を設けて、これからの反射輻射熱によってもウェハWを加熱することができるので、ウェハ温度の面内均一性を一層向上させることができるのみならず、処理容器への熱の漏れも少なくなるので、その分、熱効率も向上させることができる。また、このように均熱リング部材50を設けることにより、これに部分的にホットウォール機能を持たせることができ、従って、従来においては処理容器の内壁面に付着していた不要な成膜を、容器内壁面に付着させることなく着脱容易な均熱リング部材50側に付着させることができるので、クリーニング等のメンテナンスを容易に行なうことができる。

更に、ここでは発熱量の大きな抵抗ヒータ16、26を用いているので、1000℃以上の高温にウェハを加熱することができる。なお、このヒータに代えて、ハロゲンランプを用いてもよい。

また、処理容器4内の圧力変化により、これと上側及び下側の加熱手段容器8、6内との間で過度の圧力差が生ずることが考えられるが、上側及び下側の加熱手

段容器8、6内の圧力も処理容器4内の圧力に追従して変動させるようになっているので、両容器間の区画壁が破損することはない。これを図5を参照して説明する。

前述したように、ガス供給系56及びガス排気系64の各分岐管60、68にはそれぞれ固定ニードル弁62、70が設けられており、上下流側間の差圧により弁開度が自動的に変化するようにになっている。

まず、真空引きする場合を説明すると、一般的に容量の異なる2つの容器から同一流量で別個独立に真空引きすると、図6Aに示すように大容量の容器内の圧力は曲線Lのように緩やかに低下するが、小容量の容器の圧力は曲線Sのように急激に低下し、両容器間には大きな圧力差が生ずる。しかしながら、本発明のように分岐管68に排気側固定ニードル弁70を介設して、真空ポンプ74によりマスフローコントローラ72の制御下で一定の流量ずつ例えば毎分数リットルずつ排気すると、各固定ニードル弁70の作用により、容量の小さな上側及び下側の加熱手段容器8、6内の雰囲気は小量ずつ排気されるのに対して、容量の大きな処理容器4内の雰囲気は大量に排気され、その結果、図6Bに示すように加熱手段容器6、8内の圧力は処理容器4内の圧力に追従するように変動し、処理容器4と加熱手段容器6、8内の圧力差は常に少ない状態に維持されて真空引きされることになる。

このことは、各容器内を大気圧復帰させるために $N_2$ ガスをパージする場合も同様であり、図5に示すようにガス供給系56の各分岐管60にそれぞれ固定ニードル弁62を介設した結果、 $N_2$ ガス供給時においても各容器間の圧力差が常に少ない状態に維持されて $N_2$ ガスが供給されることになる。従って、処理容器4と両加熱手段容器6、8間の圧力差は常に少なく、例えば、10 Torr程度の差圧になっている。従って、両容器を区画する各薄板腕部6A、8Aは前述のように4mm程度の薄さで済ませることができ、熱損失の抑制や熱応答性の向上

に寄与することができる。なお、大気圧に晒される両厚板蓋部6B、8Bは大気圧に耐え得るように肉厚に成形している。

次に、ウエハに対して片面加熱の場合と本発明のようにウエハの両面側に加熱手段を配置した両面加熱の場合のウエハ温度プロファイルをシミュレーションにより求めたので、その結果について説明する。

図7Aは従来の片面加熱の場合のウエハ温度プロファイルを示し、図7Bは本発明のような両面加熱の場合のウエハ温度プロファイルを示す。それぞれ、ヒータのゾーンは2分割であり、設定温度は1040℃である。

図7Aに示すように片面加熱の場合は、ウエハの周辺部に行く程、少しずつ温度が低下して中心部との間で10℃程度の温度差が生じ、面内温度の均一性がそれ程良好でなく、しかも、この時の外側ゾーンのヒータには定格の7KW以上の電力を投入しなければならなかった。これに対して、図7Bに示す両面加熱の場合には、ウエハ中心部と周辺部との間にほとんど温度差はなく、面内温度の均一性を高く維持することができた。しかも、全体としての使用電力は片面加熱の場合よりも少し多くなったが、各ゾーン毎のヒータへの投入電力は全て定格値以下であった。

上記実施例においては、図4に示すように、ゲートバルブG1を熱から保護するために昇降可能なシャッタ部50Aを有する均熱リング部材50を設けたが、これに代えて、図8Aに示すように均熱リング部材50の一側面の中央に、ウエハWを挿通し得る大きさのスリット状の開口50Bを設けたものを用いるようにしてもよい。この場合には、ゲートバルブを熱から保護するために、回転可能とし、ウエハWの搬入・搬出後、この均熱リング部材50を略180度程度周方向へ回転させるようにすればよい。

また、上記構成に代えて、図8Bに示すように均熱リング部材50の一側面の下部に、ウエハWを挿通し得る大きさの凹部状の切り欠き50Cを設けたものを

用いてもよい。この場合には、ゲートバルブG1を熱から保護するためにリング部材50を回転可能、或いは昇降可能とし、ウエハWの搬入・搬出後、この均熱リング部材50を略180度程度周方向へ回転させるようにしてもよいし、或いは下方向へ移動させるようにしてもよい。

また、ここではシャワーヘッド構造のガス供給ヘッド28と、均熱リング部材50と被処理体ホルダ14を別個独立に設け、ガス排気孔34は、処理容器4の底部周辺部に設けた構造としたが、これに代えて図9乃至図11に示すように、ガス排気孔をシャワーヘッド構造と同様な構造のガス排気ヘッド76としてこれら全てを一体的に成形するようにしてもよい。すなわち、シャワーヘッド構造のガス供給ヘッド28'を図8Aに示す構造の均熱リング部材50'と連結し、このリング部材50'の内壁面から中心に向けて3つの爪部14A付きの被処理体ホルダ14'を突出させる。そして、ガス排気ヘッド76は、図2に示すガス供給ヘッド28と同様な構造のシャワーヘッド構造としてその上面にガスを吸入する多数の吸入孔78を設け、ガス出口をガス排気孔34に接続すればよい。これらは、例えば石英により一体的に形成することが可能である。

このように形成することにより、ガス供給ヘッド28から下方のウエハW側へ供給された処理ガスは、この表面に接した後にウエハの半径方向外方へ向かって横に流れてリング部材50'の内側でその下方のガス排気ヘッド76内に吸引されるように流れる。従って、処理ガスが処理容器4内の周縁部にまで拡がって流れることがなく、効率的にウエハ面と接するように流れることとなり、処理ガスの使用効率を高めることが可能となる。

また、この一体構造物に不要な成膜が付着した場合には、この一体構造物のみをクリーニングすればよく、メンテナンス作業を効率的に行なうことが可能となる。

上記実施例では、図5に示すようにガス供給系56とガス排気系64に固定ニ

ードル弁62、70を設けて各容器間の圧力差をコントロールしているが、これに限定されず、図12に示すように構成してもよい。すなわち、ガス供給系56及びガス排気系64の各分岐管60、68の内、加熱手段容器6、8に連通される分岐管60、68にはニードル弁に代えて弁開度を自由にコントロールすることができる流量制御弁80A、80B、82A、82Bを設け、処理容器4に連通される分岐管60には、これらの弁を設けないようにする。そして、処理容器4と下側の加熱手段容器6内の圧力差を検出する第1の差圧測定部84を設け、それにより検出された差圧値に基づいて、第1の弁開度制御部86が、下側加熱手段容器6の供給側或いは排気側の流量制御弁80B、82Bを制御する。

また、処理容器4と上側の加熱手段容器8内の圧力差を検出する第2の差圧測定部88を設け、それにより検出された差圧値に基づいて、第2の弁開度制御部90が上側加熱手段容器8の供給側或いは排気側の流量制御弁80A、82Aを制御する。

このような構成によれば、真空引き時には第1及び第2の弁開度制御部86、90は、各差圧測定部84、88の検出値が、薄板腕部6A、8Aの耐圧範囲内、例えば $\pm 10 \text{ Torr}$ 以内に維持されるように排気側の各流量制御弁82A、82Bの弁開度を制御することになる。また、処理容器4内の大気圧復帰のために $\text{N}_2$ ガスをパージする場合には、同様に検出値が $\pm 10 \text{ Torr}$ 以内に維持されるように供給側の各流量制御弁80A、80Bの弁開度が制御されることになる。従って、この実施例でも、図5に示した構成と同様な作用効果を得ることができる。

なお、本実施例においては、熱処理としてCVDにより成膜処理を行なう場合を例にとって説明したが、これに限らず、酸化・拡散処理、アニール処理等の他の熱処理にも適用し得るのは勿論である。

また、ここでは処理容器4の一侧にのみゲートバルブG1を設けてこれよりウ



エハを搬入・搬出するようにしたが、これと対向する位置にもう1つのゲートバルブを設けて、ウエハの搬入口と搬出口とを別々にしてもよい。この場合には、それに対応させて均熱リング部材50のシャッタ部50A等も2つ設けるようにする。

更には、被処理体としては半導体ウエハに限定されず、ガラス基板、LCD基板等にも適用することができる。

以上説明した実施例の熱処理装置によれば、次のように優れた作用効果を発揮することができる。

被処理体の両面側に加熱手段を配置して両面加熱するようにしたので、被処理体のサイズが大きくなってもこの面内温度の均一性を大幅に向上させることができる。

また、加熱手段を加熱手段容器内に収容して、内部を処理容器内の圧力変動に追従させて圧力変動させて両容器間の差圧を少なく維持することにより、両容器を区画する区画壁を薄くでき、その分、熱効率を高めて被処理体の面内温度の均一性を更に向上させることができるのみならず、熱応答性も良好にすることができる。

更に、被処理体の側部を均熱リング部材で覆うことにより、外部に放出される熱量を少なくして熱効率を高めることができると共に、その分、面内温度の均一性を向上させることができる。また、このリング部材により、部分的なホットウォール構造とすることができるので、処理容器側壁に不要な成膜が付着することを防止でき、メンテナンスも容易に行なうことができる。

また、ガス供給ヘッドと、均熱リング部材と、被処理体ホルダと、ガス排気ヘッドを一体構造化することにより、側部に漏れ出る処理ガスが少なくなり、処理ガスの使用効率を向上させることができるのみならず、メンテナンス作業も容易に行なうことができる。

次に、図13に基づいて本発明の熱処理装置の第2の実施例を説明する。図示するようにこの熱処理装置122は、高純度石英製の筒体状の処理容器136と、この容器136の底部開口に挿入されて容器内部を密閉する上向きに凸状の高純度石英製の挿入底部138と、容器136の天井部側と挿入底部138側に設けた抵抗加熱手段150A、150Bと、被処理体としてのウエハWを載置して保持するホルダ140と、処理ガスを容器内部に導入するガス供給ヘッド141と、上記ホルダ140の高さ調整を行なう位置調整手段142とにより主に構成されている。

上記処理容器136は、この上部を覆う天井部136Aと、これにOリング等のシール部材144を介して接続されるリング状の中段容器部136Bと、これにOリング等のシール部材146を介して接続される筒体状の下段容器部136Cとにより構成される。この下段容器部136Cの側壁には、図示しない真空排气系に接続されるガス排気口148が設けられており、内部を真空引き可能としている。

上記天井部136Aは、熱線を透過するように透明な石英で構成され、且つ容器内部が真空状態になされることから大気圧に耐え得るようにドーム状に湾曲させて形成されており、肉厚が薄くても所定の強度を発揮できるようになっている。そして、この天井部136Aの下方に、上記被処理体ホルダ140と対向するように前記ガス供給ヘッド141が設けられる。このガス供給ヘッド141の全体も熱線を透過し得るように例えば高純度の透明な石英により構成されている。このガス供給ヘッド141は、垂直断面が半楕円状の密閉空間をもつように形成され、その平面状の下面には処理室間に臨ませて多数のガス噴出孔152が形成されると共に、その上端からはガス導入管154が上方に延び、これを上記天井部136Aに設けた孔156にOリング等のシール部材158を介して挿通させることにより気密に保持している。

そして、このガス導入管154にはガス入口160が形成され、これより所定の処理ガスを導入し得るようになっている。上記ガス導入管154は、内部に温度測定管162を同軸状に収容した2重管構造になされており、ガス導入管154の下端は上記ガス供給ヘッド141を貫通して処理空間に開放され、上端は気密に透明石英によりシールされて、この上端にウエハの表面温度を測定するために放射温度計164を設置している。この温度測定管162はウエハWの面に対して略直角となる方向に設けられ、ウエハWからの放射光を放射温度計164により直接検出できるようになっている。

上記天井部136A側に配設される抵抗加熱手段150Aは、この天井部136Aの上面全体を覆うように設けられ、ウエハWの上方より熱エネルギーを供給し得るようになっている。そして、この抵抗加熱手段150Aの外側は、例えばアルミナよりなるドーム状断熱材166により覆われる。この断熱材166の上面には、アルミニウム等の金属の膜161を蒸着等により施し、熱線を下方へ反射するようにしてもよい。

上記抵抗加熱手段150A及び挿入底部138側の抵抗加熱手段150Bは、単位面積当たりの熱負荷を大きくできる例えばニケイ化モリブデン等の抵抗発熱線により構成される。

上記天井部136Aは、熱線を透過する必要から透明石英により形成されるが、熱線を透過する必要のない中段容器部136B、下段容器部136Cは、例えば材料の内部に気泡を含ませた乳白色の不透明石英により構成し、これ自体を光遮断部材として構成している。

一方、石英製の上記挿入底部138は、その径が上記下段容器部136Cの内径よりもかなり小さく設定されて所定の幅の下向き排気通路166を形成し得る外径に設定された中空の挿入凸部138Aと、この下端に設けられて上記下段容器部136Cの下端開口部をOリング等のシール部材168を介して気密にシー

ルするリングフランジ状の底板138Bとよりなる。この挿入凸部138Aの下端は開放されると共に上端の光透過板170は被処理体ホルダ140の直下に位置されて下向きに凹状に湾曲して形成されており、前述の天井部136Aと同様に肉厚が薄くても所定の強度を発揮できるようになっている。この挿入凸部138Aの脚部の材料は、例えば材料の内部に気泡を含ませた乳白色の不透明石英により構成されており、これ自体を光遮断部材として構成している。

そして、下端が開放されたこの挿入凸部138A内に、その下方よりヒータ台172が挿入されており、この上端を凹状に湾曲形成してこの部分に上記ニケイ化モリブデン等よりなる抵抗加熱手段150Bを装着しており、それによりウェハWを下方から加熱し得るようになっている。この場合にも、加熱手段150Bは例えばニケイ化モリブデンよりなる抵抗発熱線を同心円状に巻回することにより構成されており、図15に示すように同心状に複数、図示例にあっては例えば3つのゾーンに区分されている。そして、各ゾーン毎に電源176に対して可変抵抗174A、174B、174Cを接続するなどして、ゾーン温度を個別にコントロールし得るようになっている。このゾーン毎の個別制御は、天井部136A側の抵抗加熱手段150Aにも同様に適用されている。これにより、ウェハWに投入するエネルギーをゾーン毎に制御し得ることになる。

ここで、下方の抵抗加熱手段150Bの直径L1は、ウェハWの直径L2の1.2～1.5倍の範囲内に設定されており、中心と比較して放熱量が多くなる傾向にあるウェハ周縁部へ十分な量のエネルギーを投入し得るようになっている。

また、ヒータ台172の上部側壁には、挿入凸部138Aの脚部を加熱するための、側部加熱ヒータ178が設けられており、脚部を加熱するようになっている。

上記ヒータ台172は、途中で例えばアルミナ等の断熱材179を介在させてステンレス鋼等により形成されており、その下端部には、冷却ジャケット180

を設けてこの部分の温度を安全温度まで下げている。

また、上記光透過板170には、ガスパージ用の不活性ガス、例えば $N_2$ ガスを供給するガス導入ノズル155が設けられており、これを経て $N_2$ ガスを導入することによりウエハWの裏面側に処理ガスが廻り込むことを防止している。

ウエハWを載置するホルダ140は図14にも示されており、これは高純度の透明石英やSiCよりなり、ウエハWの径よりも少し大きく設定されたリング状の板部材よりなり、この内周側の上面に、ウエハWの裏面を支持する複数、例えば3つの突起182が周方向に等間隔で形成される。この場合、突起182によるウエハWの支持位置は、ウエハの周縁部ではなく、それよりもウエハ中心方向にある程度の距離だけ近づいた位置を支持するようになっており、熱処理時ににおけるウエハ自体の変形量を抑制するようになっている。

このホルダ140の裏面側には、ホルダ140の直径方向に配列された複数、例えば2本の脚部184が形成されており、この各脚部184は、例えば高純度の石英製の位置調整ロッド186に接続される。

この位置調整ロッド186は、前記高さ位置調整手段142の一部を構成するものであり、その下部は、底板138Bに形成した孔内を上下動可能に貫通して設けられ、その下端に、例えばピニオンとラックよりなる歯車機構190を設けて、これをモータ188により駆動することにより、位置調整ロッド186を上方向に微妙に移動させてホルダ140の高さ調整を行ない得るようになっている。また、底板138Bに対する位置調整ロッド186の貫通部には、伸縮可能になされたベローズ192が設けられており、容器内の気密性を保持しつつロッド186の調整移動を許容している。

一方、処理容器136の中段容器部136Bの一側部には、前記ロードロック室42に接続される接続口194が設けられ、この接続口194には、熱遮蔽箱191が気密に保持される。この箱191内には昇降機構196により上下動し

てこの接続口194とロードロック室42とを連通する通路を遮るように進退する熱遮蔽板198が設けられており、ゲートバルブG1側へ伝わる熱量を抑制している。この昇降機構196のロッド193にもベローズ195を設けて、容器内の気密性を保持している。

次に、上記のように構成された第2実施例の動作について説明する。

まず、未処理の半導体ウエハWを、ゲートバルブG2（図1）を介してロードロック室42内の搬送アーム44によりこの室内に取り込み、この内部を所定の圧力まで真空引きした後に、このウエハを予め真空状態に維持されている処理容器136内にゲートバルブG1を介して搬入し、ホルダ140に受け渡す。このウエハWの受け渡しは、高さ位置調整手段142のモータ188を正逆転させてホルダ140を上下方向に移動させることにより行なってもよいし、或いは搬送アーム44自体を高さ方向（Z方向）へ移動可能として、これを上下移動させるようにしてもよい。

この受け渡しにより、ウエハWはホルダ140に設けた突起182によりその表面が支持されることになる。

処理容器136内は、その上下に配置した抵抗加熱手段150A、150Bにより、予めある程度、例えば200～800℃に加熱されており、或いは処理温度に一定に保持されており、ウエハWの搬入後、更にパワーを投入してウエハをプロセス温度、例えば1200℃程度まで昇温したり、或いは処理温度のままでウエハ面内の温度を均一にする。これと同時に、ガス供給ヘッド141から処理容器136内に処理ガス、例えばシランガスとO<sub>2</sub>ガス等を供給しつつ内部を所定のプロセス圧力に維持し、熱処理、例えば成膜処理を行なうことになる。抵抗加熱手段150A、150Bとしては電流値を大きくとれて負荷密度を大きくできるニケイ化モリブデン等を用いているので急速にプロセス温度まで加熱することができる。

ここで、例えばウェハWを1枚或いは複数枚処理する毎に、容器内面、ガス供給ヘッド141の表面、ホルダ140の表面等に非常に僅かではあるが薄膜が形成されるために、抵抗加熱手段150A、150Bからの熱透過量等が僅かに変動し、ウェハに対する供給熱量が異なってくる場合がある。また、ガス供給ヘッド141のガス噴出孔152から供給された処理ガスがウェハ表面との間で滞留する場合もある。このような場合は、高さ位置調整手段142を駆動して位置調整ロッド186を僅かに上昇或いは下降させることによりホルダ140を上昇或いは下降させてウェハの高さ調整を行ない、ガス供給ヘッド141とウェハWとの間隔を最適な位置に調整する。

以上のようにして、ウェハの微妙な温度調整が可能となり、しかもウェハ上における処理ガスの滞留もなくなり、成膜のウェハ面内均一性を高めることが可能となる。このようなウェハの高さ位置調整は、同一熱処理を施している過程でも行なうし、また、異種の熱プロセスを行なう場合にもそのプロセスに合った高さ位置に調整を行ない、常に最適な温度特性等を得ることが可能となる。なお、ホルダの高さ位置調整を行なうと、これとガス供給ヘッドとの間隔を調整できるのみならず、抵抗加熱手段との間隔も調整できるという利点を有するが、これに替えガス供給ヘッド部の高さ位置を、高さ調整手段により変え得るようにしてもよい。

また、ウェハWの温度は、天井部136Aに設けた放射温度計164により測定するが、この場合、ウェハWの表面から上方に向けて発する光が、中空の測定温度管162を介して放射温度計164に直接入射するので、途中で光を遮断する障害物がなく、従って、熱電対を用いた場合と比較してウェハ表面の温度を精度良く検出することができる。なお、この放射温度計164の設置位置は、ウェハWの表面を直接臨むことができるのであれば、ウェハ面に対して垂直方向だけに限定されず、例えば斜め上方に設けてもよい。

更には、下方の抵抗加熱手段150Bの直径は、ウェハWの直径の1.2～1.5倍の範囲内に設定されているので、中心部と比較して放熱量が多くなる傾向にあるウェハ周縁部へ集中的に多量のエネルギーを投入することができ、これにより放熱量を補償してウェハの面内温度の均一性を高く維持することができる。また、抵抗加熱手段150Bの取り付け面をウェハ側に向けて凹入状に形成しているので、エネルギーをウェハWに向けてより効率的に供給することができる。この場合、上下の抵抗加熱手段150A、150Bは、複数、例えば3ゾーンに同心状に区切られてゾーン毎に温度制御が可能になされていることから、例えば外側ゾーンに行く程、発熱エネルギーを多くするように制御するなどして上記したウェハの面内温度の均一性を一層高めることができる。

ここで、抵抗加熱手段150Bの直径をウェハWの直径の1.2倍よりも小さくすると、ウェハ周縁部にこの部分の放熱量に見合った多くの熱エネルギーを投入することが困難になり、面内温度の均一性が急激に劣化してしまう。また、1.5倍よりも大きく設定すると、装置の径が必要以上に大きくなり過ぎ、好ましくない。

また、ガス排気口148の取付位置を、ウェハWの水平レベルよりも下方に位置させているので、ガス供給ヘッド141から放出された処理ガスがウェハ面上にほとんど滞留することなくここを通過し、ガス排気口148から排出されることになる。特に、前述したウェハWとガス供給ヘッド141との間隔を調整できることと相俟って、ウェハ面上でのガス滞留現象を略確実になくすことができ、成膜の面内均一性を一段と向上させることができる。

更に、ホルダ140の裏面側には、ガス導入ノズル155から $N_2$ ガスがパージされているのでこのエリアに処理ガスが侵入することがなく、従って、ホルダ140等の表面に成膜が付着することを防止することができ、従って、熱効率が劣化したり、パーティクルが発生することを大幅に抑制することができる。



また、ウェハWを加熱するために抵抗加熱手段150A、150Bからの光線を透過しなければならないエリアを除いて例えば中段容器部136Bや下段容器部136C、或いは挿入凸部138Aの脚部は、不透明材料により構成して光を遮断しているので、これらの部分が不必要に過度に加熱されることはなく、熱効率を高めることができる。

また、処理容器136の天井部136Aや挿入底部138の光透過板170は、それぞれドーム状に成形されているので、その肉厚を薄くしても大気圧に耐え得るに十分な強度を確保することが可能となる。

なお、上記第2実施例では熱処理として成膜処理を例にとって説明したが、これに限定されず、他の熱処理、例えば酸化処理、熱拡散処理等にも適用し得るのは勿論である。更には、被処理体としても半導体ウェハに限定されず、他の基板、例えばLCD基板、ガラス基板等も用いることができる。

図16は本発明の熱処理装置の第3の実施例を示す。この熱処理装置は全体的に符号2'で示してあり、その一部を除いて図2について既に説明した第1実施例の熱処理装置2と均等な構造をもっているので、第1実施例と均等な部分には同じ符号を付して説明を省略し、第3実施例が第1実施例と異なる部分のみについて次に説明する。

まず、この第3実施例では、図2の第1実施例に設けられていた均熱リング部材50とその昇降機構52、53が省略されている。

この第3実施例が特徴とするのは被処理体ホルダ14'である。この被処理体ホルダ14'は、前述のように例えば耐熱性の石英よりなり、リング状のホルダベース254を有しており、その中心部がガスを上下方向へ流すためのガス流通孔260として構成されている。このガス流通孔260により、ホルダ上のウェハ裏面側に加熱されたガスが流れ込み易くしてウェハを効率的に、面内温度の均一性良く加熱し得るようになっている。

## 24

このホルダベース254は、例えば3本の脚部256によって前記支持軸15に固定されている。このリング状のホルダベース254の上面には、その周方向に略等間隔に配置された3つの支持突起258が例えば10mm程度上方へ突出させて設けられており、その上端で半導体ウエハWの裏面周縁部と直接的に接触してこれを支持し得るようになっている。なお、この支持突起258は3個に限定されず、それ以上増加させて、例えば6個程度に増加させて1つの支持突起が受ける荷重を減らすと共にウエハ自体の撓み量も少なくするようにしてもよい。

また、ホルダベース254の周縁部には、その周方向に沿ってリング状のガス滞留フランジ262が上方へ突出させて設けられており、ウエハの裏面側に加熱されたガスが滞留して効率的にウエハを加熱するようになっている。ここで、ガス滞留フランジ262の高さは、上記支持突起258の高さよりも数mm程度低くなくされており、ウエハWの搬入・搬出時に搬送アーム44がガス滞留フランジ262と干渉しないようになっている。なお、このガス滞留フランジ262を上記支持突起258と略同じ高さに設定して、フォーク状の搬送アーム44が通る部分だけに切り欠きを設けるなどしてもよい。

次に、以上のように構成された第3実施例の動作について説明する。

まず、ロードロック室42を介して未処理の半導体ウエハWを、開放されたゲートバルブG1を介して処理容器4内に搬入し、被処理体ホルダ14'上に受け渡す。ここで、ホルダ14'は、プロセス温度或いはそれ以下の温度に予め加熱されている。そして、アーム44を縮退させてゲートバルブG1を閉じ、処理容器4内を密閉状態とする。

次に、処理容器4内を所定のプロセス圧力まで真空引きすると共にこの中に処理ガスをガス供給ヘッド28からシャワー状に供給し、プロセス圧力を維持する。これと同時に、下側及び上側加熱手段容器6、8内に収容してある各抵抗ヒータ16、26への供給電力を増加し、或いは供給電力を増大し、ホルダ14'に載

置してあるウエハWを上下の両面から加熱してこれをプロセス温度に昇温維持し、所定の熱プロセスを行なう。この場合、上下の抵抗加熱ヒータ16、26は、ウエハ面内を均熱加熱するように各ゾーン毎に個別に投入電力を制御する。

特に、本実施例では被処理体ホルダ14'のホルダベース254にガス流通孔260を設けているので、加熱された内部雰囲気ガスが矢印264(図16)に示すように被処理体ホルダ14'の下方より上記ガス流通孔260を通して上方に流れ、この加熱ガスは半導体ウエハWの裏面と接触してこれを加熱して水平方向に流れて行く。そして、このガスは、ホルダベース254の周縁部に設けたガス滞留フランジ262がその流れが一時的に阻害されてここに滞留しつつこのガス滞留フランジ262の上端とウエハ周縁部との間隙を通して外方へ流れて行くことになる。

このように、ホルダベース254にガス流通孔260を設けることによって、加熱されたガスを上昇させてウエハ裏面側に流れ込ませてこれを加熱させるようにしたので、ウエハの加熱効率を高めてこの面内温度の均一を更に向上させることが可能となる。

また、ホルダベース254の周縁部に設けたガス滞留フランジ262により、加熱されたガスはウエハ裏面側に一時的に滞留することとなり、その分、ウエハの加熱効率を高め且つ面内温度の均一性を一層高めることが可能となる。

上記実施例のホルダベース254の支持突起258は、散在させて3点設けているが、これに代えて、図18及び図19に示すようにリング状の支持突起268を設けるようにしてもよい。図18はそのような被処理体ホルダを示す断面図であり、図19はその部分断面斜視図である。

ここでは図示するように支持突起268は、ホルダ14'の周方向に沿ってリング状に上方へ突出されて形成されており、その側壁に例えば矩形状の複数のガス抜孔266を設けている。このガス抜孔266は、リング周方向に沿って所定

の間隔で形成されるが、その大きさ、数はできるだけ流路面積が大きくなる方が好ましい。これにより、下方からガス流通孔260を介して上昇してきた加熱されたガスは、矢印278に示すようにウエハ裏面に当たってこれを加熱した後に、ガス抜孔266を介してその外側へ流れて行くことになる。この場合には、前述のようにウエハの加熱効率及び面内温度の均一性を高めることができるのみならず、支持突起268がウエハ裏面とリング状に接してこの荷重を支持できることから、ウエハの接触圧力や撓みを抑制することができ、その分、スリップや結晶欠陥の発生を抑制することが可能となる。このことは、特に、ウエハサイズ及び自重が大きくなる12インチサイズのウエハに有効に作用する。

また、上記実施例では、ホルダベース254に設けたガス流通孔260は、大口径の流通孔としたが、これに代えて図20に示すようにホルダベース254を円板状に形成し、この中心部に多数の小口径の孔を形成することによりガス流通孔270を設けるようにしてもよい。

また、上記実施例では、搬送アーム44で室温のウエハWを処理容器4内へ搬入して被処理体ホルダ14'に載置する場合、ウエハWを略室温のまま予め高温に加熱されている被処理体ホルダ14'上に載置することとしているので、ウエハWが局部的に急激に加熱されることからこれにスリップや結晶欠陥が生ずる恐れがある。そこで、これを抑制するために、ウエハ搬入後直ちにこれを被処理体ホルダ14'上に載置するのではなく、図21に示すように搬送アーム44によりウエハWを処理容器内へ搬入したならば、しばらくの間、そのままウエハWを浮かした状態で待機させ、ウエハWを所定の温度まで予備加熱させる。この待機時間及び予熱温度は、ウエハのプロセス温度にもよるが、例えばプロセス温度が1000℃程度の場合には、待機時間を1秒～20秒程度に設定し、ウエハWを600℃～700℃程度まで予熱すればよい。この場合、待機中のウエハWと被処理体ホルダ14'の支持突起258との間の距離L1は1.0～10mm程度

の範囲内に設定するのが、予熱効果と予熱時間との兼ね合いで好ましい。

このように、処理容器4内でウェハWを浮かせて待機させることによって予備加熱する方法を採用することにより、ウェハWを被処理体ホルダ14'上に載置した時に熱的ショックを和らげることができ、スリップや結晶欠陥の発生を抑制することが可能となる。

以上の各実施例では、ウェハWを直接的に被処理体ホルダ14'上に載置することとしているので、前述のように予備加熱した場合でも、例えば両者の温度差が大き過ぎる場合にはウェハにスリップや結晶欠陥が発生する恐れが依然として存在するが、この恐れを略完全になくすために、ウェハと共に搬入・搬出される補助支持台を設けるようにしてもよい。図22はこのような補助支持台を設けた熱処理装置を示す構成図、図23は補助支持台を示す斜視図である。

この図22に示す熱処理装置は、図16に示す熱処理装置2に対して被処理体ホルダの構造が異なる点及び補助支持台を設けた点を除き、全く同様に構成されているので、同一部分には同一符号を付してその説明を省略する。すなわち、図16に示す場合には、支持軸15の上端の3つの脚部256に被処理体ホルダ14'を設けることにより、全体を構成しているが、ここでは支持軸15とこの上端に設けた3つの脚部256により被処理体ホルダ272を構成する。そして、図16に示す被処理体ホルダ14'を脚部256から分離して、ここではこれを補助支持台274として構成する。従って、この補助支持台274は、図16に示す被処理体ホルダ14'と全く同様に構成されているが、ただし、この補助支持台274はウェハWを上部に載置した状態で処理容器4に対してウェハWと一緒に搬入・搬出され、上記被処理体ホルダ14'上に補助支持台274が載置可能に設けられる。図22においてはこの補助支持台274がロードロック室42内に搬出されている状態を示している。

図23に示す補助支持台274は、例えば耐熱性の石英よりなり、リング状の

支持台ベース276を有しており、その中心部がガスを上下方向へ流すためのガス流通孔278として構成されている。このガス流通孔278により、ウエハ裏面側に加熱されたガスが流れ込み易くしてウエハを効率的に、面内温度の均一性良く加熱し得るようになっている。

このリング状の支持台ベース276の上面には、その周方向に略等間隔で配置された3つの支持突起280が例えば10mm程度上方へ突出させて設けられており、この上端で半導体ウエハWの裏面周縁部と直接的に接触してこれを支持し得るようになっている。なお、この支持突起280は3個に限定されず、それ以上増加させて、例えば6個程度に増加させて1つの支持部が受ける荷重を減らすと共にウエハ自体の撓み量も少なくするようにしてもよい。

また、支持台ベース276の周縁部には、その周方向に沿ってリング状のガス滞留フランジ282が上方へ突出させて設けられており、ウエハの裏面側に加熱されたガスが滞留して効率的にウエハを加熱するようになっている。ここで、ガス滞留フランジ282の高さは、上記支持突起280の高さよりも数mm程度低くされており、ウエハWを補助支持台274から分離する際に搬送アーム44がガス滞留フランジ282と干渉しないようになっている。なお、このガス滞留フランジ282を上記支持突起280と略同じ高さに設定して、フォーク状の搬送アーム44が取り抜ける部分だけに切り欠きを設けてもよい。

一方、ロードロック室42内には、上記補助支持台274を載置して保持するための補助支持台受け284が2個設置されており、これらを交互に使うようになっている。なお、この受け284の個数はこれに限定されず、1つでも3個以上でもよく、これらの補助支持台受け284は、搬送アーム44と干渉しない位置に設けられるは勿論である。

次に、このように補助支持台274を用いた場合の熱処理の流れについて説明すると、ロードロック室42の補助支持台受け284上に空の補助支持台274

を載置しておき、この上に、例えば図示しないカセット室から搬送アーム44を用いて取り込んできた未処理のウェハWを上記補助支持台274上に移載する。

次に、搬送アーム44を屈伸することによりこれを補助支持台274の下方に侵入させて補助支持台274ごとウェハWと一緒に保持し、この状態でウェハWを補助支持台274と一緒に、開かれたゲートバルブG1を介して処理容器4内に搬入する。そして、ウェハ付きのこの補助支持台274を処理容器4内の被処理体ホルダ272上に載置し、ウェハWの移載を完了する。

この後、先に説明したような所定の熱処理を行ない、これが完了したならば、前述したと逆の操作を行なって、ウェハWを搬出する。すなわち、搬送アーム44を補助支持台274の下方に挿入してこれをウェハWごとに持ち上げ、そして、搬送アーム44を縮退させることによってウェハ付きの補助支持台274をロードロック室42内に取り込み、これを補助支持台受け284上に載置する。

この状態でウェハWを所定の時間放置することにより、これをある程度冷却する。この冷却の間は、他方の補助支持台274を用いて未処理のウェハWを前述したと同様に処理容器4内へ搬入して熱処理を行なえばよい。

このようにして、所定の温度までの冷却が完了したならば、搬送アーム44を屈伸操作して補助支持台274を補助支持台受け284上に残して冷却済みのウェハWのみを保持し、これを図示しないカセット室等に向けて搬出すればよい。

このように補助支持台274を用いることにより、室温の搬送アーム44と処理済み直後の高温状態のウェハWが直接接触することがなくなり、ウェハWが局部的に急激に冷却されることがなくなるのでこれにスリップや結晶欠陥が生ずることを略確実に防止することが可能となる。また、この補助支持台274は、図16に示した支持台ホルダ14'と同様に形成されているので、加熱されたガスがウェハ裏面に流れ込むことになり、前述したと同様に加熱効率やウェハの面内温度の均一性の向上にも寄与することができる。ここでは、支持体ホルダ

272や補助支持台274の形状は単に一例を示したに過ぎず、これに限定されないのは勿論である。例えば、図16に示した支持体ホルダ14'に、上記補助支持台274を重ねて、いわゆる2段重ねにして熱処理を行なうようにしてもよい。

また、上記実施例の支持台ベース276の支持突起280は、散在させて3点設けているが、これに代えて、図24及び図25に示すようにリング状の支持突起286を設けるようにしてもよい。図24はそのような補助支持台を示す断面図、図25はその部分断面斜視図である。

ここでは図示するように支持突起286は、補助支持台274の周方向に沿ってリング状に上方へ突出されて形成されており、その側壁に例えば矩形状の複数のガス抜孔288を設けている。このガス抜孔288は、リング周方向に沿って所定の間隔で形成されるが、その大きさ、数はできるだけ流路面積が大きくなる方が好ましい。これにより、下方からガス流通孔278を介して上昇してきた加熱されたガスは、矢印290に示すようにウエハ裏面に当たってこれを加熱した後、ガス抜孔288を介してその外側へ流れて行くことになる。この場合には、前述のようにウエハの加熱効率及び面内温度の均一性を高めることができるのみならず、支持突起286がウエハ裏面とリング状に接してこの荷重を支持できることから、ウエハの接触圧力や撓みを抑制することができることから、その分、スリップや結晶欠陥の発生を抑制することが可能となる。このことは、特に、ウエハサイズ及び自重が大きくなる12インチサイズのウエハに有効に作用する。282はリング状ガス滞留フランジを示している。

また、上記実施例では、支持台ベース276に設けたガス流通孔278は、大口径の流通孔としたが、これに代えて図26に示すように支持台ベース276を円板状に形成し、この中心部に多数の小口径の孔を形成することによりガス流通孔292を設けるようにしてもよい。



更に、以上説明した各実施例は、ロードロック室42と処理容器4とを、ゲートバルブG1を介して直接連結した場合を例にとって説明したが、これに限定されず、図27に示すように処理容器4とロードロック室42との間にゲートバルブG3、G4で開閉可能に仕切られた予備加熱室296を設けてもよい。この予備加熱室296内には、ヒータ298を内蔵した加熱台300が設けられており、ウェハWを単独で、或いは補助支持台274上に載置されたウェハWを補助支持台274ごと予備加熱するようになっている。これによれば、ウェハに対する熱的衝撃をより少なくしてスリップや結晶欠陥が発生することを更に減少できるのみならず、予備加熱した分だけ、熱処理のスループットを向上させることも可能となる。なお、ここで用いられる搬送アーム44のストロークは、予備加熱室296の長さ分だけ長く設定されているのは勿論である。

#### 産業上の利用可能性

本発明は、半導体ウェハ以外に、ガラス基板、LCD基板などの熱処理に用いることができる。熱処理は、成膜処理以外に、酸化処理、拡散処理、アニール処理等を含む。

## 請 求 の 範 囲

1. 処理容器と、被処理体を保持すべく前記処理容器内に設けられた被処理体ホルダとを備えた枚葉式熱処理装置であって、

被処理体を加熱するために、前記処理容器内で前記被処理体ホルダの下方に設けた下部加熱手段と、

被処理体を加熱するために、前記処理容器内で前記被処理体ホルダの上方に設けた上部加熱手段と、

前記被処理体ホルダと前記上部加熱手段との間に処理ガスを供給するための処理ガス供給部と、

を有する熱処理装置。

2. 前記下部加熱手段を前記処理容器に対して気密状態で収容する下部加熱手段容器と、

前記上部加熱手段を前記処理容器に対して気密状態で収容する上部加熱手段容器と、

を備える請求項1記載の熱処理装置。

3. 前記処理容器と前記両加熱手段容器に接続され、これら3つの容器内の圧力を所定の圧力範囲内に維持しつつガスを供給するガス供給系と、前記処理容器と前記両加熱手段容器に接続され、これら3つの容器内の圧力を所定の圧力範囲内に維持しつつ内部雰囲気を排出するガス排気系を備える、請求項2記載の熱処理装置。

4. 前記ガス供給系とガス排気系の各々は、前記3つの容器に共通に接続された共通ガス通路と、この共通ガス通路を各容器に連結させる通路と、この各通路に介設された差圧作動弁を有している、請求項3記載の熱処理装置。

5. 前記ガス供給系とガス排気系の各々は、前記3つの容器に共通に接続さ

れた共通ガス通路と、この共通ガス通路を各容器に連結させる通路と、共通ガス通路を下部加熱手段容器に接続する通路に設けた第1の流量制御弁と、共通ガス通路を上部加熱手段容器に接続する通路に設けた第2の流量制御弁と、第1の流量制御弁の開度を、前記処理容器内圧力と下部加熱手段容器内圧力の差に応じて制御する手段と、第2の流量制御弁の開度を、前記処理容器内圧力と上部加熱手段容器内圧力の差に応じて制御する手段とを備えている、請求項3記載の熱処理装置。

6. 前記被処理体ホルダの周辺部に位置し、このホルダに保持された前記被処理体の側部を覆う筒状の均熱リング部材を備える、請求項1記載の熱処理装置。

7. 前記均熱リング部材は上下に変位可能とされている、請求項6記載の熱処理装置。

8. 前記下部および上部加熱手段は電気抵抗ヒータである、請求項1記載の熱処理装置。

9. 前記被処理体ホルダが上下に位置調節可能に設けられている、請求項1記載の熱処理装置。

10. 前記処理ガス供給部が水平方向に偏平な形状を有し、その下面に多数の処理ガス噴出孔を有している、請求項1記載の熱処理装置。

11. 前記処理容器の上部には、前記被処理体からの放射光を検出して温度を測定するための放射温度計が設けられている、請求項1記載の熱処理装置。

12. 前記放射温度計は、前記処理容器上部、上部加熱手段及び処理ガス供給部を上下方向に貫通する温度測定管を備えている、請求項11記載の熱処理装置。

13. 前記処理容器の上部はドーム状に形成されている、請求項1記載の熱処理装置。

14. 前記下部加熱手段は、処理容器内にその底部から突出する熱線透過性

の挿入凸部内に設けられている、請求項1記載の熱処理装置。

15. 前記挿入凸部は凹入状の湾曲上面を有する、請求項14記載の熱処理装置。

16. 前記被処理体ホルダよりも低い位置に、処理容器内の雰囲気を排出するガス排気口が設けられている、請求項1記載の熱処理装置。

17. 前記下部及び上部加熱手段の各々は、同心状に複数のゾーンに別けられており、ゾーン毎に温度制御可能になされている、請求項1記載の熱処理装置。

18. 前記下部及び上部加熱手段の各々は、前記被処理体の直径の1.2～1.5倍の直径を有している、請求項1記載の熱処理装置。

19. 前記被処理体ホルダの下方に、ガスパージ用の不活性ガスを供給するガスノズルが設けられている、請求項1記載の熱処理装置。

20. 前記被処理体ホルダは、ホルダベースと、これより上方へ突出されて前記被処理体の裏面周縁部を支持する支持突起と、前記ホルダベースに設けられて上下方向へガスを流通させるガス流通孔を有している、請求項1記載の熱処理装置。

21. 前記支持突起は、リング状に成形されると共にそれにガス抜孔が設けられている、請求項20記載の熱処理装置。

22. 前記被処理体ホルダ上に載置可能で、しかも被処理体を直接的に受ける補助支持台を備え、この補助支持台は、被処理体を受けたままで、処理容器内への搬入および処理容器外への搬出が可能とされている、請求項1記載の熱処理装置。

1/18

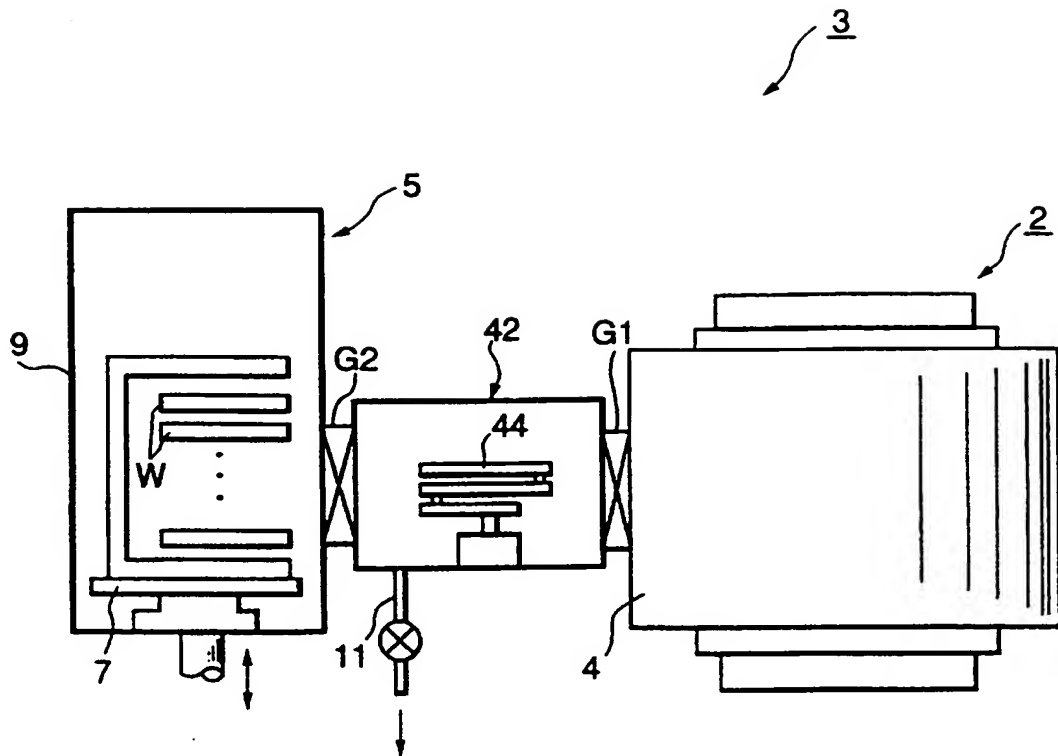


FIG.1



3/18

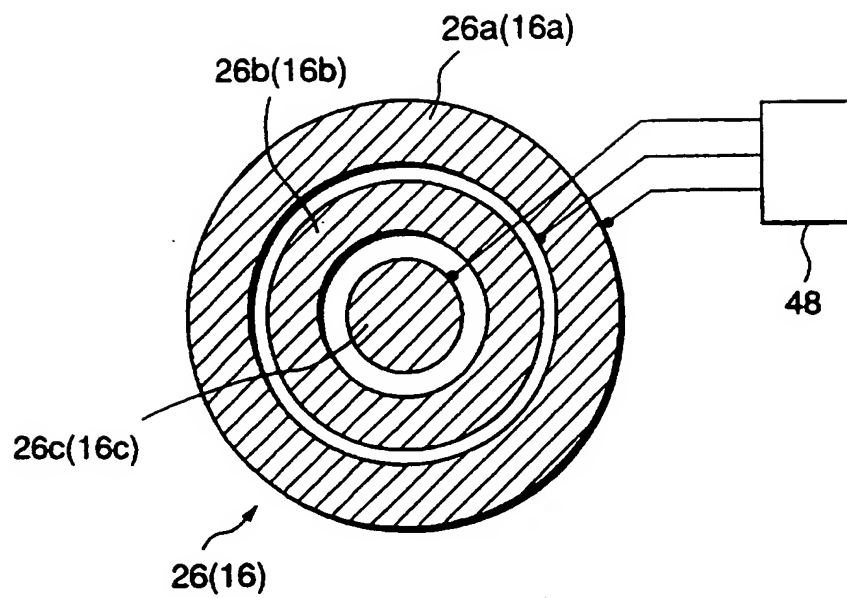


FIG. 3

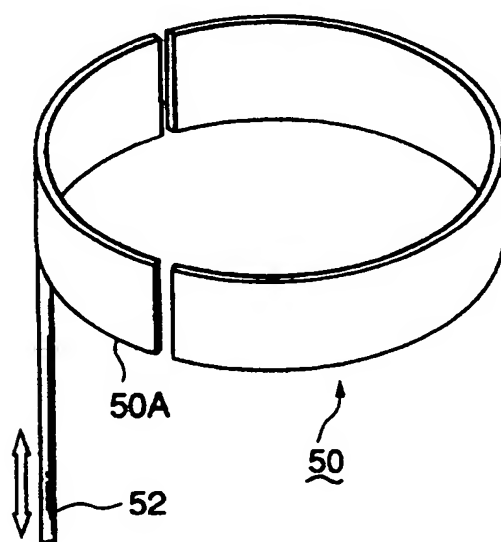


FIG. 4

4/18

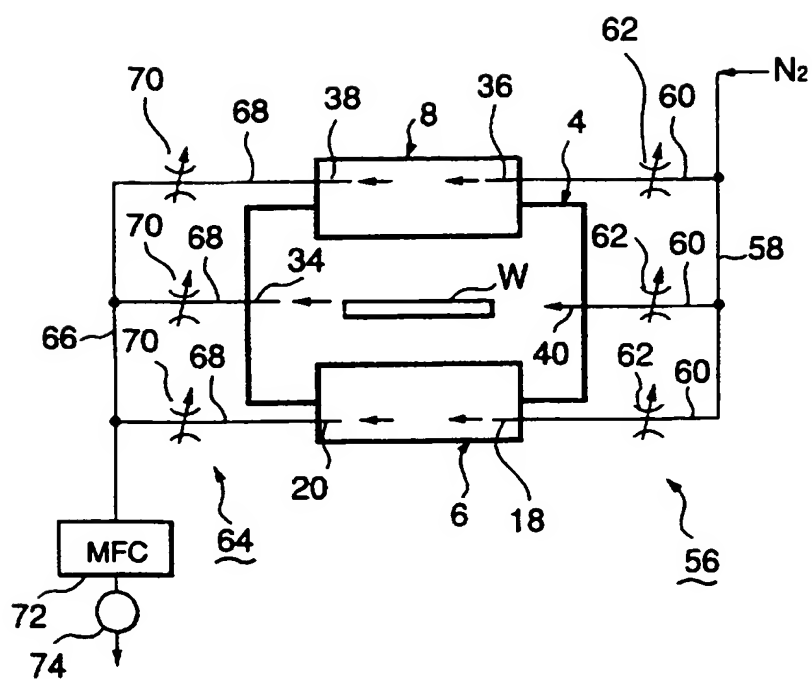


FIG.5



5/18

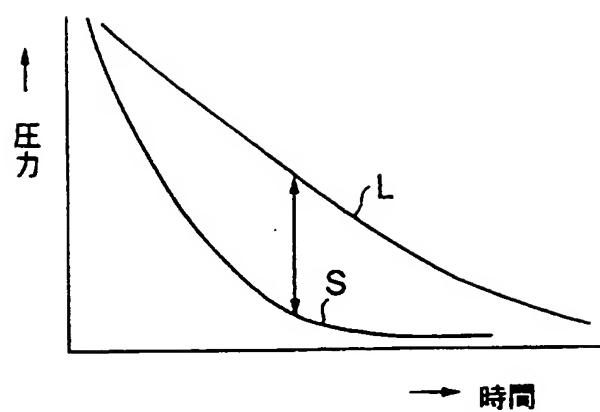


FIG. 6A

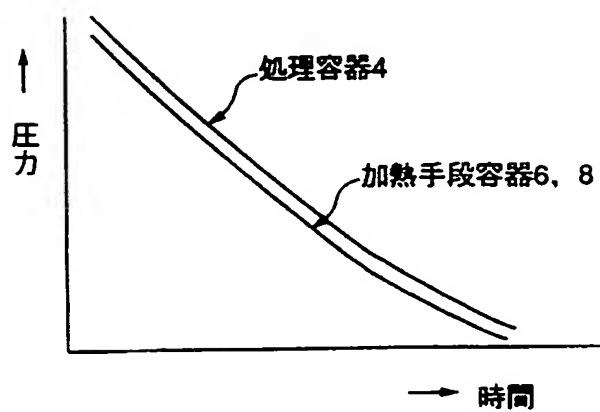


FIG. 6B

6/18

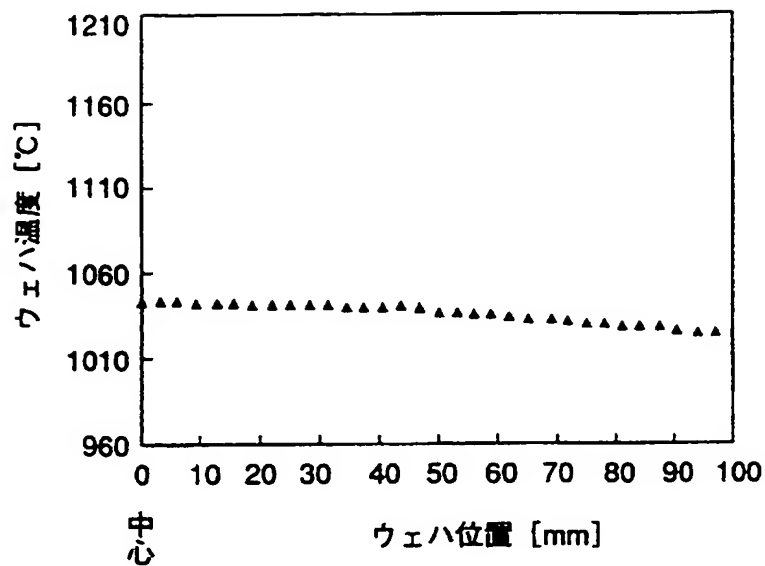


FIG.7A

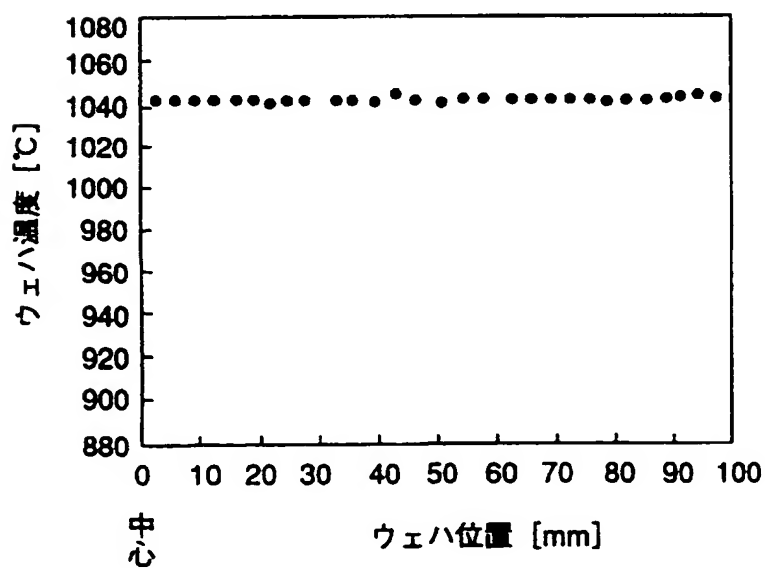


FIG.7B

7/18

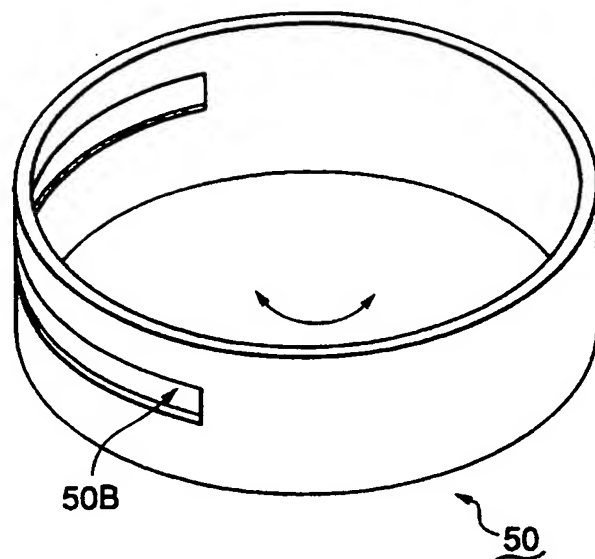


FIG. 8A

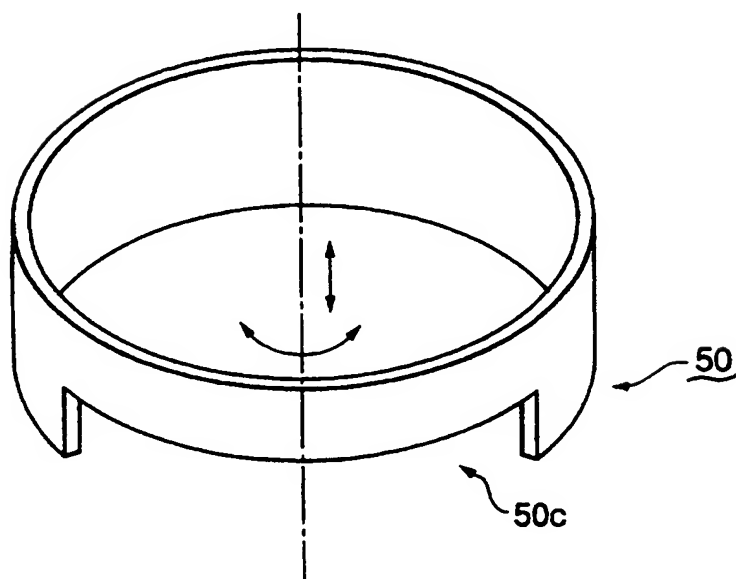


FIG. 8B

8/18

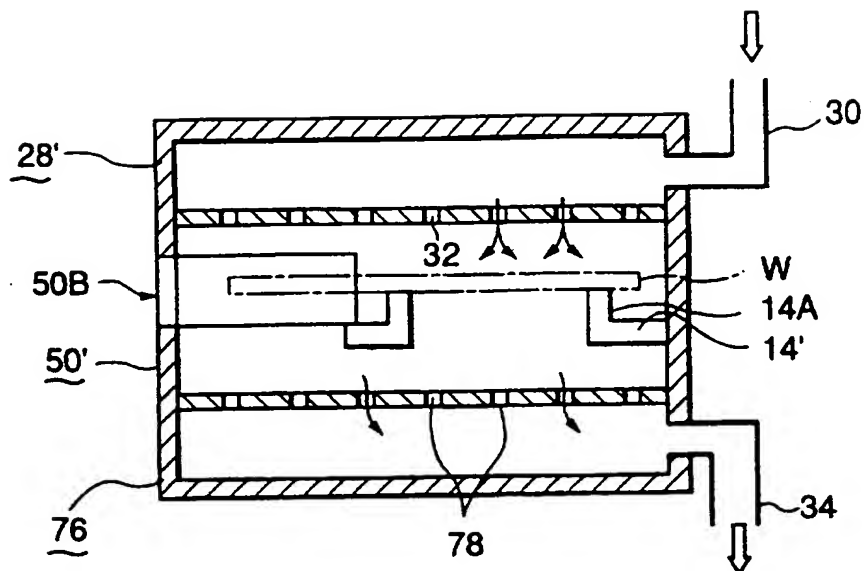


FIG. 9

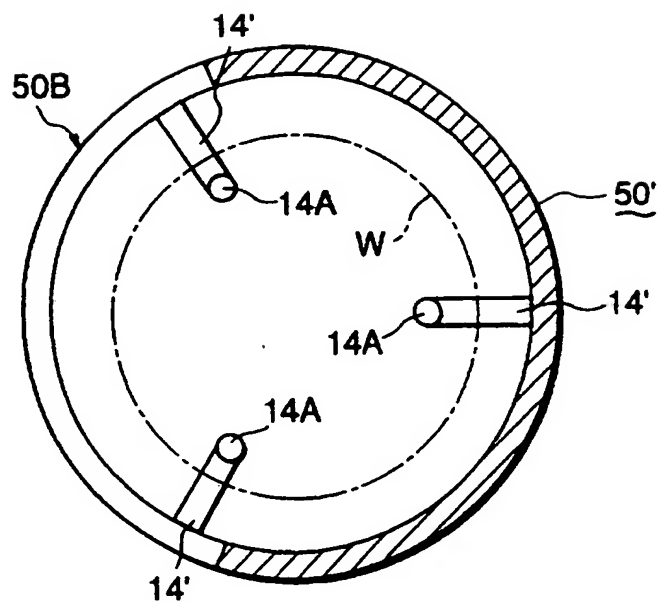


FIG. 10

9/18

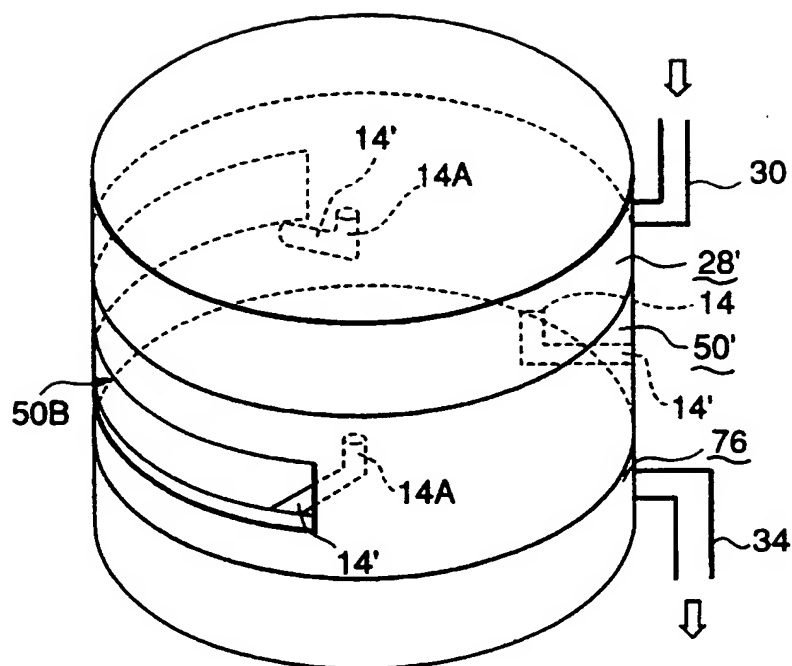


FIG. 11

10/18

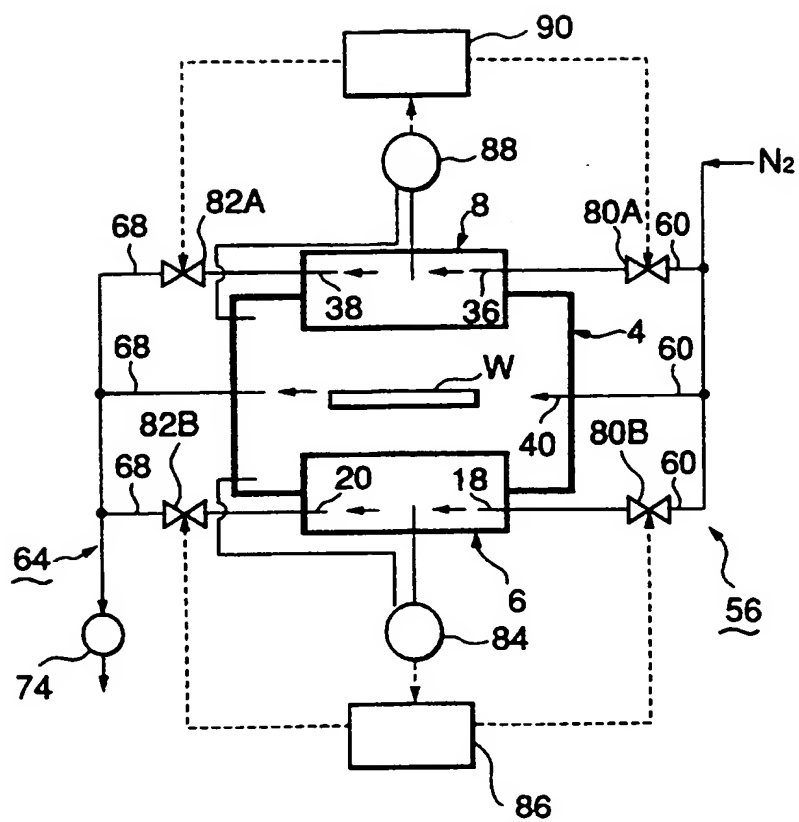


FIG.12

11/18

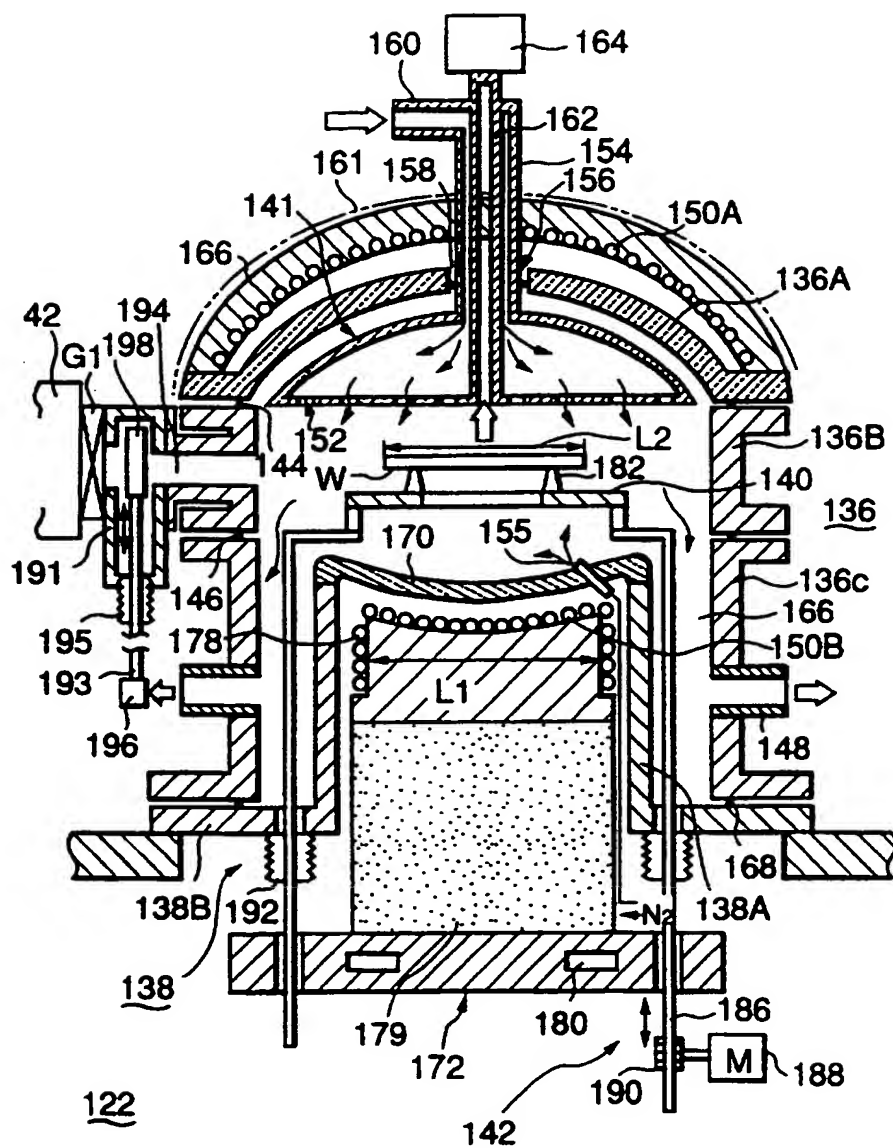


FIG.13

12/18

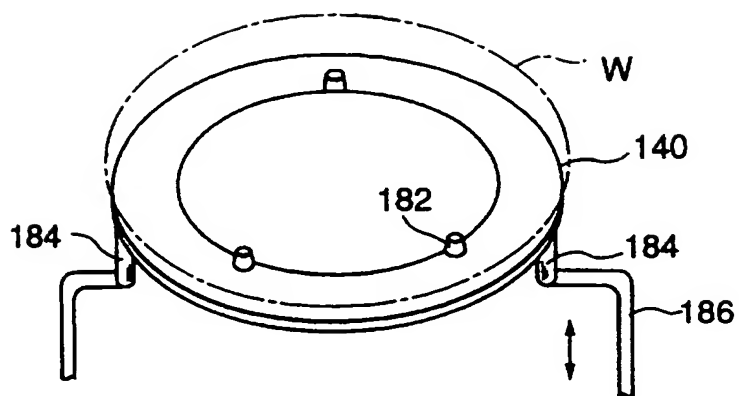


FIG. 14

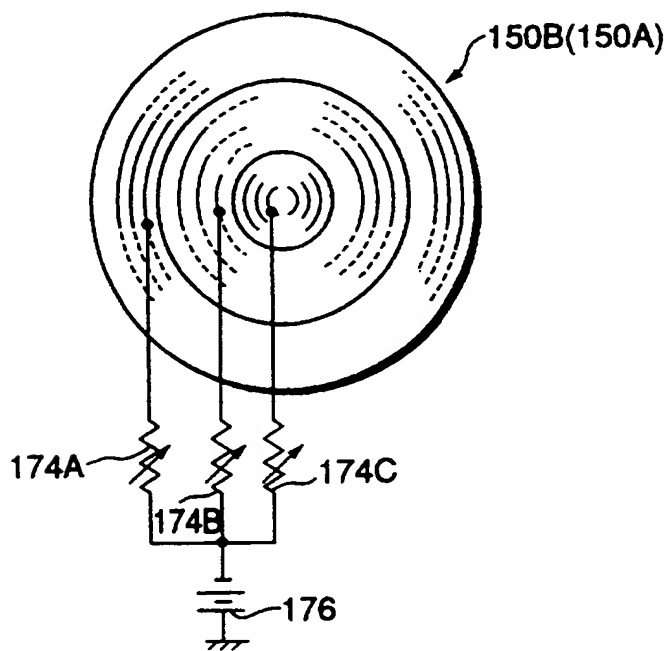
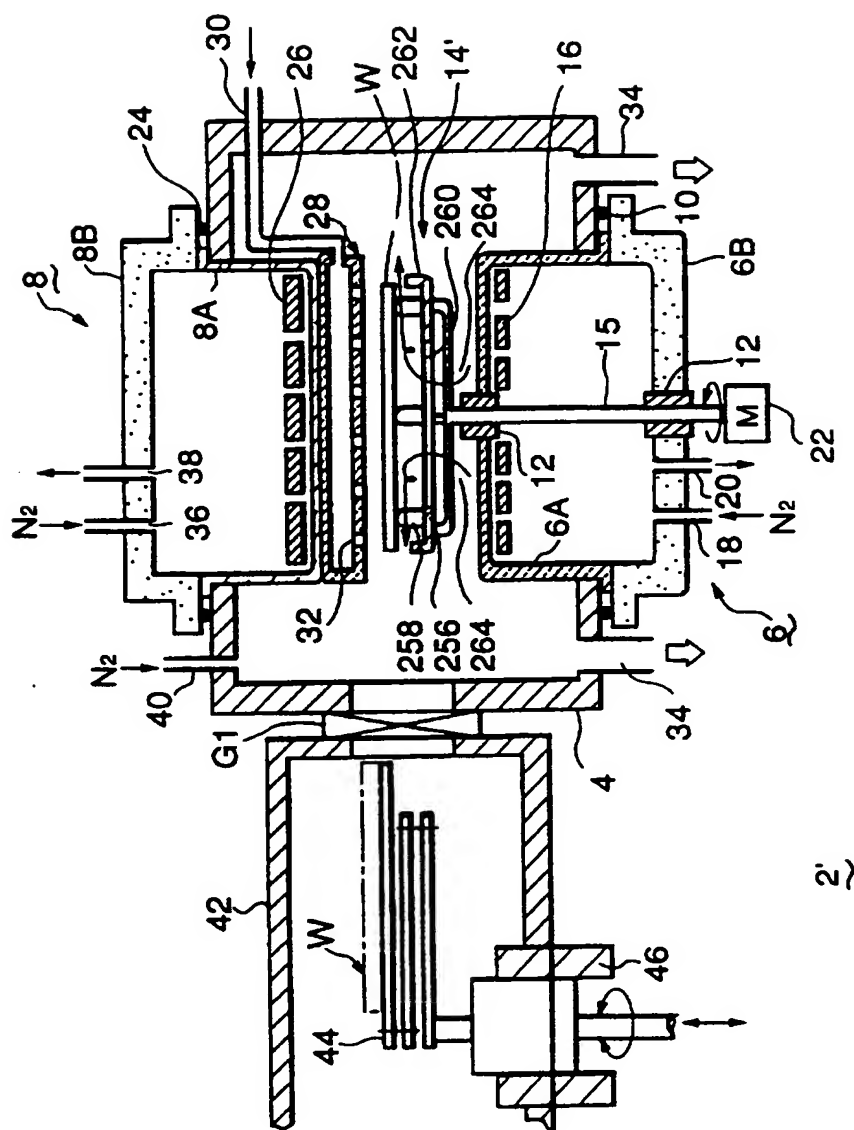


FIG. 15



13/18



14/18

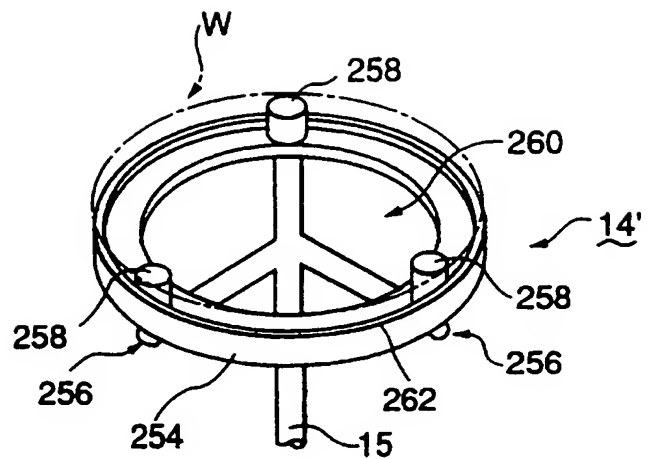


FIG.17

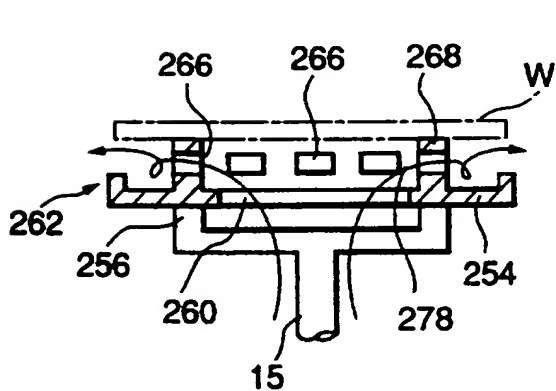


FIG.18

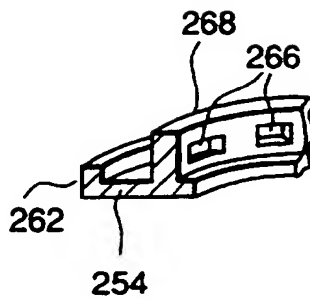
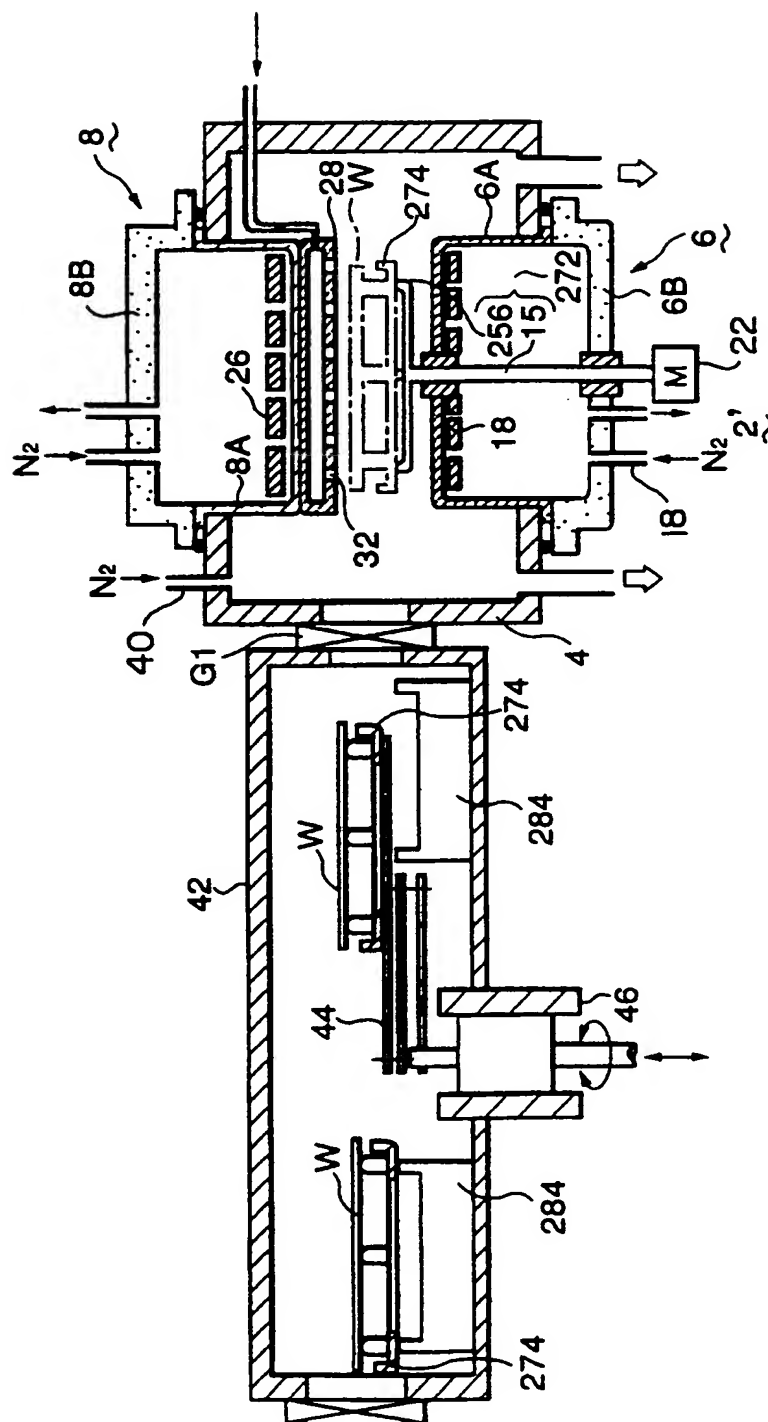


FIG.19



16/18



**FIG. 22**

17/18

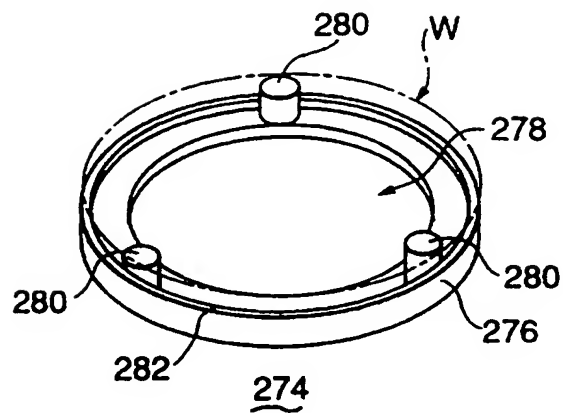


FIG.23

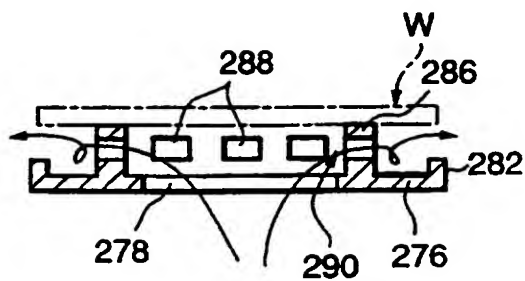


FIG.24

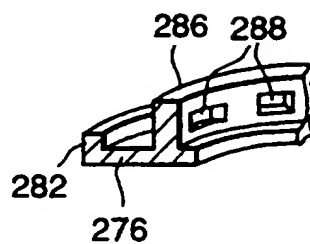


FIG.25

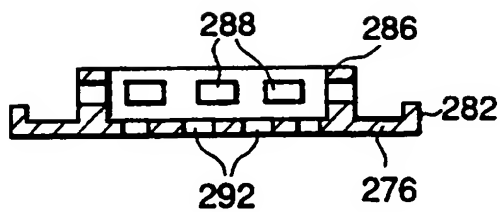


FIG.26

18/18

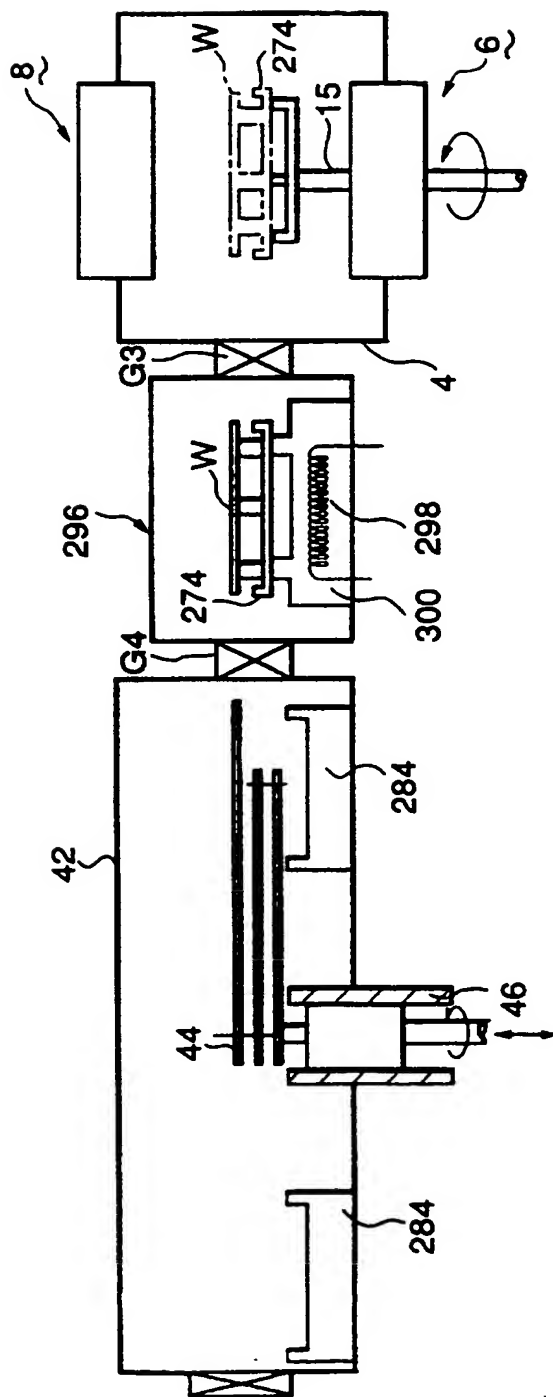


FIG.27

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP97/00477

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl<sup>6</sup> H01L21/205, H01L21/22, H01L21/31, H01L21/324

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl<sup>6</sup> H01L21/205, H01L21/22, H01L21/31, H01L21/324

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926 - 1997

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1997

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 05-090165, A (Toshiba Corp.), April 9, 1993 (09. 04. 93), Paragraphs (0038) to (0051); Fig. 5	1, 2, 8, 10, 11, 16, 17, 18
Y	(Family: none)	6, 9, 12, 13, 21, 22
X	JP, 01-123413, A (Fujitsu Ltd.), May 16, 1989 (16. 05. 89) (Family: none)	1, 2, 8, 16, 17
X	JP, 06-120142, A (Kawasaki Steel Corp.), April 28, 1994 (28. 04. 94) (Family: none)	1, 2, 10
Y	JP, 06-295871, A (Nippon Steel Corp.), October 21, 1994 (21. 10. 94) (Family: none)	6
Y	JP, 08-008194, A (Kishimoto Sangyo Co., Ltd.), January 12, 1996 (12. 01. 96) & US, 5498292, A & TW, 282562, A	14, 15
A	JP, 62-149798, U (Chugairo Kogyo K.K.), September 22, 1987 (22. 09. 87) (Family: none)	3, 4, 5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

May 7, 1997 (07. 05. 97)

Date of mailing of the international search report

May 20, 1997 (20. 05. 97)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 97/00477

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>8</sup> H01L21/205, H01L21/22, H01L21/31, H01L21/324

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>8</sup> H01L21/205, H01L21/22, H01L21/31, H01L21/324

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国公開実用新案公報 1971-1997

日本国実用新案公報 1926-1997

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP05-090165, A (株式会社東芝), 9.4月.1993(09.04.93), 段落【0038】-【0051】, 図5 (ファミリーなし)	1, 2, 8, 10, 11, 16, 17, 18
Y		6, 9, 12, 13, 21, 22
X	JP01-123413, A (富士通株式会社), 16.5月.1989(16.05.89), (ファミリーなし)	1, 2, 8, 16, 17
X	JP06-120142, A (川崎製鉄株式会社), 28.4月.1994(28.04.94), (ファミリーなし)	1, 2, 10
Y	JP06-295871, A (新日本製鐵株式会社), 21.10月.1994 (21.10.94), (ファミリーなし)	6
Y	JP08-008194, A (岸本産業株式会社), 12.1月1996(12.01.96), &US5498292, A&TW282562, A	14, 15
A	JP62-149798, U (中外炉工業株式会社), 22.9月1987(22.09.87), (ファミリーなし)	3, 4, 5

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

07.05.97

国際調査報告の発送日

20.05.97

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

加藤 浩一

4M

8617

電話番号 03-3581-1101 内線 3464